

**Schriftenreihe der Landesforstverwaltung
Baden-Württemberg
Band 53**



**Baumverletzungen durch
Transportvorgänge bei der Holzernte
Ausmaß und Verteilung,
Folgeschäden am Holz
und Versuch ihrer Bewertung
von
Winfried Meng**

1978



**Ministerium für Ernährung
Landwirtschaft und Umwelt**

Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte

**Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz
und Versuch ihrer Bewertung**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von Winfried Meng
aus Freiburg i.Br.

Stuttgart 1978
Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg

Dekan: Professor Dr. H. J. Braun
Leiter der Arbeit: Professor Dr. R. Grammel
Referent: Professor Dr. R. Grammel
Korreferent: Professor Dr. H. J. Braun

Tag der Verkündung: 19. Juni 1978



Herausgeber: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt
Baden-Württemberg, Marienstraße 7, 7000 Stuttgart 1
Schriftleiter: Forstdirektor Peter Weidenbach, Marienstraße 7, 7000 Stuttgart 1
Bezug: Baden-Württembergische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt,
Sternwaldstraße 16, 7800 Freiburg i. Br.
Satz u. Druck: Offizin Chr. Scheufele, Stuttgart

Zwischen den Bestrebungen, die Holzernte weiter zu mechanisieren, und der generellen Forderung einer pfleglichen Behandlung der Waldbestände wird ein wachsender Zielkonflikt erkennbar. Der Übergang vom Tierzug und menschlicher Tragearbeit zu schweren Rückemaschinen, der zunehmende Zwang, kapitalintensive Holzindustrien ganzjährig mit Rohholz versorgen zu müssen und der Wechsel vom arbeitsintensiven Schichtholz zum nach Gewicht verkauften, kostengünstigeren Industrieholz in langer Form, sind die Gründe für die vermehrt zu beobachtenden Rückeschäden. Hinzu kommt ein geschärftes Bewußtsein, das auf biologische Schäden zunehmend heftiger reagiert.

Bereits im Jahre 1969 führten die ersten derartigen Beobachtungen zur Anlage ausgedehnter Versuchsflächen durch die Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung (damals Abt. Waldarbeit) der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, in denen eine große Zahl von Rückeschäden exakt markiert wurde. Zu dieser Erfassung trat eine Analyse der Entstehungsursachen und die Beschreibung der Rückeschäden. Die Anlage dieser Versuchsflächen hatte u. a. das Ziel, durch eine regelmäßige Kontrolle der Schadensentwicklungen an gefällten Bäumen zu grundsätzlichen Aussagen zu gelangen.

Oberforstrat W. Meng erhielt während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg den Auftrag, das Problem der Rückeschäden zu untersuchen. Es gelang ihm, mit der jetzt vorgelegten Arbeit, die als Dissertation von der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg angenommen wurde, auf der Basis von breit angelegten Felduntersuchungen und zusätzlichen Laborversuchen zahlreiche Ergebnisse zu erarbeiten, die eine Verallgemeinerung zulassen und deshalb besonders wertvoll sind. Während sich bisherige Untersuchungen weitgehend auf die Beschreibung des äußeren Erscheinungsbildes der Rückeschäden beschränkten, wurden von W. Meng wohl erstmalig in diesem Umfang konkrete, durch Zugtiere und Rückemaschinen verursachte Rinden- und Holzverletzungen in ihren Auswirkungen auf die Zerstörung des Holzes untersucht.

Die Schäden wurden in origineller Weise anhand ausgewählter Modell-Rohschäfte bewertet. Die wirtschaftlichen Folgen von Wundfäulen nach Rückeverletzungen sind demzufolge offensichtlich groß. Als überraschendes Ergebnis muß jedoch auch vermerkt werden, daß entgegen den allgemeinen Erwartungen nur ein Teil der Verletzungen überhaupt zu Wundfäulen führte. Weitere Fragestellungen bezogen sich auf die Zusammenhänge zwischen Rücketechnik und Schadensausmaß, auch in Abhängigkeit von verschiedenen Sortimentslängen. Besondere Beachtung verdienen die Feststellungen Meng's zu den Auswirkungen von waldbaulichem Vorgehen und Bestandeserschließung auf den Umfang von Rückeschäden.

Nicht nur die Wissenschaft, auch die Praxis wird die Forschungsergebnisse nutzen können. Voraussetzung für die Beherrschung des Rückeproblems sind weitere Kenntnisse, nicht zuletzt in Bezug auf die Ursachenforschung. Darüber hinaus muß besondere Sorgfalt auf die räumliche Ordnung der Hiebe gelegt werden, verbunden mit einer angepaßten Rücketechnik. Die Weiterentwicklung von nachweislich sehr pfleglich arbeitenden hydraulischen Fällarmen für Durchforstungsbestände sowie die Anwendung von Holzschutzmitteln, nicht zuletzt aber auch die inten-

sive Schulung der Mitarbeiter im Hinblick auf die Vermeidung oder Minimierung von Rückeschäden sind weitere Schritte auf diesem Weg, auf dem letztlich nur die Kombination und Koordination zahlreicher Maßnahmen zum Erfolg führen kann. Die von W. Meng erarbeiteten neuen Erkenntnisse bieten eine wichtige, verlässliche Grundlage für viele dieser Maßnahmen.

Freiburg und Stuttgart, im November 1978

Prof. Dr. Rolf Grammel

Dr. Max Scheifele

Direktor des Instituts für
Forstbenutzung und Arbeits-
wissenschaft an der
Universität Freiburg

Landesforstpräsident

	Seite
0. Vorbemerkung	9
1. Einleitung und Problemstellung	11
1.1 Ausgangssituation	11
1.2 Problemstellung	13
1.2.1 Abgrenzung des Problems	13
1.2.2 Problemstellung konkret	14
2. Analyse des Problems und Ziele der Untersuchung	15
2.1 Analyse des Problems	15
2.1.1 Die Beeinflussung der Rückeschäden	15
2.1.1.1 Faktoren der Jahreszeit	15
2.1.1.2 Faktoren des Bestandes	16
2.1.1.3 Faktoren des Bringungsverfahrens	16
2.1.1.4 Faktoren der Holzausformung	17
2.1.2 Die Beeinflussung des wirtschaftlichen Schadens	17
2.1.2.1 Faktoren des Standorts	17
2.1.2.2 Faktoren des Baumes	18
2.1.2.3 Faktoren des Pilzes	18
2.1.2.4 Faktoren der Verletzung	18
2.2 Ziele der Untersuchung	19
2.2.1 Einbezogene Arbeitsverfahren	19
2.2.2 Erfassung von Rückeschäden	19
2.2.3 Ausmaß und Verteilung von Rückeschäden	20
2.2.4 Art der Beschädigungen	20
2.2.5 Die Wahrscheinlichkeit einer Wundfäule	20
2.2.6 Fäulefortschritt und Bild der Wundfäule	21
2.2.7 An der Infektion beteiligte Mikroorganismen	21
2.2.8 Bewertung des wirtschaftlichen Schadens	21
2.2.9 Konsequenzen für die Praxis	22
3. Überblick über bisherige Untersuchungen	22
3.1 Kernfäule – Untersuchungen	22
3.2 Untersuchung der Rotwild-Schälschäden	23
3.3 Untersuchung von Ernte- und Transportschäden	24
3.3.1 Schäden an Boden und Wurzeln	24
3.3.2 Schäden am stehenden Bestand	26
3.3.2.1 Aufnahme und Ausmaß der Schäden	26
3.3.2.2 Folgeschäden durch Wundfäulen	27
4. Methodisches Vorgehen	29
4.1 Versuchsbestände	29
4.2 Erfassung der Rückeschäden	32
4.2.1 Aufnahmeverfahren 1969	32

4.2.2	Aufnahmeverfahren 1975	34
4.3	Ermittlung der Folgeschäden	37
4.3.1	Aufnahme der Wundfäulen	37
4.3.2	Abimpfung und Bestimmung der Erreger	38
4.4	Bewertung des wirtschaftlichen Schadens	38
4.5	Rechnerische Auswertung	39
4.5.1	Ausmaß und Verteilung der Rückeschäden	40
4.5.2	Folgeschäden	40
4.5.3	Wirtschaftlicher Schaden	41
5.	Ergebnisse	41
5.1	Methode zur Aufnahme von Rückeschäden	41
5.2	Ausmaß, Verteilung und Charakter der Rückeschäden	42
5.2.1	Verdichtung der Versuchsdaten	42
5.2.2	Das Schadensprozent und seine Beeinflussung	44
5.2.2.1	Mögliche Kennziffern zur Charakterisierung des Schadensausmaßes	44
5.2.2.2	Arbeitsverfahren und Holzaushaltung	46
5.2.2.2.1	Untersuchte Bringungsverfahren und Holzlänge	46
5.2.2.2.2	Auswirkung auf das Schadensprozent	47
5.2.2.3	Jahreszeit	50
5.2.2.4	Erschließungsdichte	51
5.2.2.5	Art und Stärke des Eingriffs	53
5.2.2.6	Bestandesalter	55
5.2.2.7	Baumstärke und Zukunfts-Bäume	55
5.2.3	Die Schadensgröße und ihre Beeinflussung	58
5.2.3.1	Größenverteilung der Schäden	58
5.2.3.2	Arbeitsverfahren und Holzaushaltung	58
5.2.3.3	Jahreszeit	62
5.2.3.4	Weitere Einflüsse auf die Schadensgröße	62
5.2.4	Verteilung der Schäden im Bestand	66
5.2.4.1	Verteilung der beschädigten Bäume	66
5.2.4.2	Verteilung der Einzelschäden	70
5.2.5	Lage des Schadens am Baum	71
5.2.6	Die Art des Schadens	72
5.2.7	Verharzung der Wunde	73
5.3	Wundfäulen und ihre phytopathologische Auswertung	74
5.3.1	Die ausgewählten Bestände für die Wundfäule-Untersuchung	74
5.3.2	Erweiterter Begriff des Schadens	77
5.3.3	Das Fäuleprozent und seine Beeinflussung	77
5.3.3.1	Fäuleprozent der verschiedenen Versuchsflächen	78
5.3.3.2	Stärke des Baumes	79
5.3.3.3	Die Schadensgröße	80
5.3.3.4	Art der Verletzung	82
5.3.3.5	Lage des Schadens am Baum	85
5.3.3.6	Exposition des Schadens am Baum	88
5.3.3.7	Harzfluß	88
5.3.4	Der Fäulefortschritt	89
5.3.4.1	Mittel- und Extremwerte der Versuchsbestände	91
5.3.4.2	Kalkulation der Gesundsnchnitte	92
5.3.4.3	Variierende Einflüsse auf den Fäulefortschritt	92
5.3.5	Das räumliche Bild des Schadens	94
5.3.5.1	Die Wundfäule im Längsschnitt	94

5.3.5.2	Die Wundfäule im Querschnitt	96
5.3.5.3	Zusammenhang zwischen Fäuledurchmesser im Fällschnitt und Faulhöhe	96
5.3.6	An der Wundfäule beteiligte Mikroorganismen	97
5.3.6.1	Ergebnis der Abimpfungen	97
5.3.6.2	Kombination von Fäulefortschritt und Pilzart	100
5.4	Wirtschaftlicher Schaden	100
5.4.1	Ausgewählte Modell-Rohschäfte und Variation der Faullängen	101
5.4.2	Stand und Relation der Holzpreise	102
5.4.3	Ergebnis der Kalkulation	102
6.	Diskussion der Ergebnisse	108
6.1	Zum Schadensprozent und Fäuleprozent nach mehreren Durchforstungen	109
6.2	Kalkulation des wirtschaftlichen Verlustes für den Gesamtbestand und Belastung der Durchforstungsmasse	112
6.3	Zur Zahl und Größe der Rückeschäden innerhalb und außerhalb der Saftzeit	113
6.4	Zur Bestandeserschließung und Verteilung der Schäden	115
6.5	Zur Wahrscheinlichkeit und Ausdehnung von Wundfäulen sowie zu den beteiligten Mikroorganismen	117
6.6	Zum wirtschaftlichen Schaden	120
7.	Folgerungen und Ausblick	121
7.1	Zur Reduzierung von Bringungsschäden	121
7.2	Zur Vermeidung von Wundfäulen	124
7.3	Auf die Entwicklung der Holzernteverfahren	126
8.	Zusammenfassung	127
9.	Verzeichnis der Tabellen	132
10.	Verzeichnis der Abbildungen	133
11.	Literaturverzeichnis	135
12.	Anhang	144
12.1	Zusammenstellung aller aufgenommenen Versuchsflächen mit kurzer Charak- terisierung von Bestand, Eingriffsart, Schadensumfang und Arbeitsverfahren bei Hauen und Bringen	144
12.2	Vordrucke des Aufnahmeverfahrens 1969	146
12.3	Anweisung zum Aufnahmeverfahren 1975	151
12.4	Aufnahmebogen Wundfäule	153
12.5	In die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens eingegangene Holzpreise in DM / Efm o.R. für Fichten-Abschnitte der Güteklasse C und D (Niveau August 1977)	154
12.6	Wertziffern der in den Modell-Rohschäften enthaltenen Sortimente auf der Ba- sis der Meßzahl 100 unter Variation der Faullänge (Auszug aus dem unveröf- fentlichten Grundlagenmaterial der Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg)	155



Digitized by the Internet Archive
in 2026

0. Vorbemerkung

Die vorliegende Arbeit war in Versuchsanlage und Auswertung nur durch mannigfache Hilfe möglich, die mir stets zuteil wurde, und für die ich mich herzlich bedanken möchte.

Die Anregung zu dieser Untersuchung ging von Herrn Prof. Dr. R. Grammel aus, der zunächst als Leiter der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg als mein Dienstvorgesetzter und ab Oktober 1975 als Ordinarius des Lehrstuhls für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg i.Br. die Arbeit zu jeder Zeit mit großem Interesse unterstützte.

Ermutigt wurde ich zu dieser Arbeit auch durch das lebhafte Interesse der forstlichen Praxis an dieser Fragestellung. Daß ich mich der Untersuchung zum größten Teil im Rahmen eines entsprechenden Forschungsprojekts der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt widmen konnte, dafür danke ich der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Herrn Landesforstpräsident Dr. M. Scheifele vor allem auch für das persönliche Interesse am Ergebnis der Arbeit. Denselben Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. U. Moosmayer als Direktor der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt und in ganz besonderer Weise Herrn Forstdirektor Dr. P. Dietz als Leiter der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung ab Oktober 1975. Neben weitgehender Freistellung für diese Arbeit durfte ich in zahlreichen Diskussionen stets fachlichen Rat und volle Unterstützung erfahren.

Entsprechend der komplexen Fragestellung war diese Untersuchung nicht möglich ohne die Beteiligung weiterer Abteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt. Besonders danke ich Herrn Oberregierungsrat Dr. S. Schönhar mit seinen Mitarbeitern, der im Rahmen seines phytopathologischen Forschungsauftrags die Abimpfungen und Pilzbestimmungen freundlicherweise übernahm und mit seiner reichen Erfahrung den mykologischen Teil der Arbeit unterstützte. Zu großem Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Prof. Dr. W. Schöpfer, der zu den Schenskalkulationen der Arbeit wertvolles, bisher unveröffentlichtes Grundlagenmaterial zur Verfügung stellte und der mit seinem Mitarbeiterteam der Abteilung Biometrie und Informatik alle Schritte der mathematisch-statistischen Auswertung mit Rat und Tat begleitete. In der laufenden Programmberatung fand ich bei Fräulein U. Niemann ein stets offenes Ohr und tatkräftige Unterstützung.

Alle ehemaligen Mitarbeiter der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung waren an den verschiedensten Schritten dieser Arbeit beteiligt. Es sei mir erlaubt, an erster Stelle Herrn Oberförster H. P. Stoll zu nennen, der an den Untersuchungen von Anfang an mitarbeitete und ohne dessen engagierten Einsatz die umfangreichen Auswertungsarbeiten mit dem Datenanalyse-System SPSS nicht in der verfügbaren Zeit möglich gewesen wären. Ihm gilt mein besonders herzlicher Dank. Für die Mithilfe bei Aufnahme und Auswertung der Versuchsflächen danke ich vor allem den Herren E. Boltz und E. Dorer, wobei Herr Dorer auch den photographischen Beitrag übernommen hat. Bei den graphischen Darstellungen konnte ich auf das Talent von Herrn cand. forest Textor zurückgreifen. Ganz herzlich danken möchte ich schließlich Frau H. Bomheuer, die sämtliche Schreibarbeiten in bewährter Übersichtlichkeit und Schnelligkeit durchgeführt hat.

Die Untersuchung ist außerdem durch zahlreiche Forstbetriebe unterstützt worden, in deren Bereich die Erhebung des umfangreichen Versuchsmaterials möglich war. Den beteiligten Staatlichen Forstämtern, der Fürstlich Fürstenbergischen Forstverwaltung sowie dem Gräflichen Forstamt Königseggwald sage ich dafür Dank.

Ich hoffe, daß die Ergebnisse dieser Arbeit wenigstens in bescheidenem Umfang dem Interesse gerecht werden können, das den Untersuchungen von vielen Seiten entgegengebracht wurde.

Der Verfasser

1. Einleitung und Problemstellung

Zwischen der Forderung nach weiterer Rationalisierung und Mechanisierung in der Forstwirtschaft einerseits und der Warnung vor einem stärkeren Vordringen der Maschine mit möglichen negativen waldbaulichen und ökologischen Begleiterscheinungen andererseits, bewegten sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten die forstlichen Diskussionen (u.a. H.J. Steinlin 1969, R. Grammel 1969, H. Löffler 1974, O. Malmberg 1974, O. Berggrund 1975, P. Braathe 1976, H. Leibundgut 1976, H. Schulz 1977, B. Strehlke 1977). Die Zweifel über die zu verfolgende Richtung schlugen sich in einer stärkeren Differenzierung des Mechanisierungsgrades sowie der Produktivität von Forstbetrieb zu Forstbetrieb nieder (M. Günther 1969, R. Grammel 1972, K. Vypel 1977), je nachdem, welchen Argumenten die Betriebsleitung zuneigte.

Mit dem aufgezeigten Zielkonflikt eng verknüpft ist die in der vorliegenden Untersuchung gestellte Frage nach der Bedeutung der Baumverletzungen durch Transportvorgänge im Bestand. In einer Zeit wachsenden Umweltbewußtseins kommt der Pfléglichkeit in der Holzernte eine erhöhte Bedeutung zu. Die Verfahrenswahl nimmt unmittelbar Einfluß auf das Ausmaß der möglichen Schäden am bleibenden Bestand, zumal die bei Aufarbeitung und Bringung angewandten Arbeitsverfahren vielfältiger geworden sind. Einerseits haben sich Arbeitsverfahren herausgebildet, bei denen augenblickliche Vorteile zu Lasten längerfristiger Aspekte überwiegen, auf der anderen Seite bieten gerade eine Reihe neuer maschineller Erntemethoden günstige Voraussetzungen für Ökologie und Waldbau.

Einleitend wird zunächst auf die Veränderungen in der Ausgangssituation eingegangen, daraus ergibt sich die Problemstellung für die vorliegende Arbeit. Eine Analyse der aufgeworfenen Fragen mündet in die Zielsetzung dieser Untersuchung.

1.1 Ausgangssituation

Es kann davon ausgegangen werden, daß beim Transport der Produkte vom Hiebsort zum Abfuhr- bzw. Verkaufspolter schon immer Verletzungen am bleibenden Bestand auftraten. Die Gründe müssen letztlich in Merkmalen der forstlichen Bewirtschaftung, in der Flächenwirtschaft und der betriebszielgerechten Bestandeserziehung gesehen werden. Schäden am verbleibenden Bestand müssen deshalb als zwangsläufig auflaufende Produktionsverluste angesehen werden.

Geändert hat sich in den vergangenen Jahren jedoch die Dimension möglicher Produktionsverluste, die bei Anwendung bestimmter Arbeitsverfahren bewußt oder auch in Unkenntnis der Auswirkungen in Kauf genommen werden.

Im Laufe der letzten 10–15 Jahre wirkten technische, ökonomische und soziale Gründe zusammen und führten zu Veränderungen bei den verfügbaren und eingesetzten Bringungsmitteln. Aus den gleichen Ursachen wurden Teile der Holzaufarbeitung aus dem Bestand oder dem Wald hinaus verlagert, damit wandelte sich die Produktausformung zum Zeitpunkt der Bringung. Beide Veränderungen mündeten in einen **zunehmenden Einsatz leistungsstarker Rückemaschinen** nicht allein in Endnutzungen, sondern **auch in Durchforstungen**.

Im einzelnen sind folgende **Veränderungen im Bereich der Holzbringung** anzuführen:

- Rückgang der Handarbeit

Verteuerung und Verknappung der menschlichen Arbeitskraft führten dazu, daß sich ihr Einsatz als Trag- und Zugkraft stark rückläufig entwickelte. Statt dessen verlagerte sich das Schwergewicht des menschlichen Einsatzes auf die Leit- und Steuerfunktion an mechanischen Hilfsmitteln.

Mit der Verteuerung einhergehende gesellschaftliche Wandlungsprozesse führten dazu, daß körperliche Schwerstarbeiten, wie z. B. das Heraustragen des Holzes von Hand, zunehmend als unzumutbar empfunden werden.

Trotz dieser Entwicklung ist noch immer ein beachtenswerter Anteil des händischen Rückens bestehen geblieben. Nach dem Forststatistischen Jahrbuch 1974 für Baden-Württemberg entfallen von insgesamt 20 Mio. DM für die Bringung des Holzes noch ca. 15 % auf Handbringung. Es ist dies vor allem in Hanglagen das Vorliefern von Hand bis zum Maschinenweg bzw. das Handabseilen (mit oder ohne Motorwinde). Dazu kommt noch das Vorliefern bis zur Rückegasse in befahrbaren Lagen, das nicht als Bringungsaufwand ausgewiesen wird, sondern in den Kosten der Holzaufarbeitung enthalten ist.

- **Rückgang des Pferdeeinsatzes**

Durch die verbreitete landwirtschaftliche Bindung vieler forstlicher Arbeitskräfte wirken sich strukturelle Veränderungen in der Landwirtschaft nahezu unmittelbar auf die Rückeverfahren aus. Die arbeitsintensive Pferdehaltung – wenigstens soweit sie die Haltung von Arbeitspferden betrifft – geht seit zwei Jahrzehnten laufend zurück. An die Stelle des Pferdes sind Schlepper getreten, deren PS-Zahlen ständig stiegen und weiter zunehmen. In der Folge dieser Entwicklung war auch der Pferdeeinsatz im Rückebetrieb stark rückläufig und blieb trotz gegenläufiger Bemühungen zahlreicher Forstbetriebe (Förderungsmaßnahmen zugunsten der Pferdehaltung) auf bestimmte Regionen begrenzt. Dieser Trend wurde noch verstärkt durch die stetige Abnahme der Saisonarbeitskräfte in der Forstwirtschaft und die relative Zunahme der hauptberuflichen Walдарbeiter.

- **Aushaltung und Bringung arbeitsextensiver Sortimente**

Auch vom Holzmarkt und der Sortimentsaushaltung wurde die Entwicklung zur maschinellen Bringung entscheidend gefördert. Als Folge der raschen Lohnkostensteigerungen wurden ganze Teilarbeiten der Holzernte aus dem Bestand heraus an den festen Weg, auf waldbesitzereigene Holzhöfe oder ins Verarbeiterwerk verlagert. Dies gilt insbesondere für Hanglagen, in denen die Arbeiterschwernisse zusätzlich verteuern wirken.

Die Aufarbeitung des Holzes wurde an den Waldstraßen unter günstigeren Bedingungen und unter teilweisem Einsatz von mobilen Aufarbeitungsmaschinen fortgeführt. Die Aufarbeitung auf Holzhöfen oder verarbeitervorgeschalteten Aufarbeitungsplätzen vermag für den verbliebenen Teil der Aufarbeitung industrieähnliche, günstige Bedingungen zu schaffen.

Je nach dem Umfang der aus dem Bestand heraus verlagerten Teilarbeiten muß die Bringung des Holzes in einem früheren Aufarbeitungsstadium erfolgen

- Kranlängen anstatt Kurzholz,
- fallende Längen anstatt Kurzholz,
- unentrindet anstatt handentrindet,
- als Rohschaft anstatt sortenweise,
- in Ästen anstatt entastet.

Es ist verständlich, daß diese Veränderungen auch zu anderen Arbeitsverfahren bei der Bringung führen müssen. In der Regel höhere Stückmassen und höhere Reibungswiderstände beim Rücken erfordern größere Kraftreserven bei den eingesetzten Zugmitteln.

- **Ganzjährige Belieferung der verarbeitenden Industrie**

Vergrößerte und rationalisierte Kapazitäten im Bereich aller Schwachholzverarbeiter und neue Erkenntnisse über den Wert von frischem Holz für Zwecke des Holzschliffs (G. Knell 1968, B. Keller 1973) wirken in Richtung auf eine kontinuierliche, ganzjährige Belieferung der Abnehmer.

Dieser Trend steht damit im Gegensatz zu der früher verbreiteten, zeitlich konzentrierten Bereitstellung und Übernahme des Holzes bei teilweise langen Lagerzeiten in Wald und Werk. Dadurch entsteht für den Waldbesitzer als Marktpartner mehr oder weniger der Zwang, auch Teile der beschädigungsempfindlichen Saftzeit in die Einschlagszeit einzubeziehen. Nur noch teilweise lassen sich heute Durchforstungen auf die Zeit der Vegetationsruhe beschränken, soweit ein Ausgleich durch andere Betriebsarbeiten möglich ist.

Die aufgezeigte Entwicklung zur mechanisierten, ganzjährigen Bringung bei gleichzeitig längeren Sortimenten hat für die Forstbetriebe in Arbeitsleistung und Aufarbeitungskosten überwiegend positive Veränderungen gebracht. Offen muß zunächst bleiben, inwieweit diese Vorteile durch mangelnde Pfleglichkeit für Boden, Produkt und aufstockenden Holzvorrat erkauft werden. Die Auffassung der forstlichen Praxis zu diesem Problem ist alles andere als einheitlich.

Der zunehmende Einsatz schwerer Maschinen für die Bringung mußte zwangsläufig Konsequenzen auf die erforderliche **Erschließung** der Waldflächen haben. Neben einem gut ausgebauten, mit schwersten Lasten befahrbaren Fahrwegenetz kam damit einer Feinerschließung der Bestände wachsende Bedeutung zu. In den befahrbaren Lagen ist diese Feinerschließung durch einfache, bestockungsfreie Linien, die sogenannten Rückegassen, relativ rasch und ohne großen Kapitaleinsatz seit Mitte der Sechzigerjahre durchgeführt worden (H. Stang 1962, H. J. Steinlin 1963). In den von Natur aus nicht befahrbaren Lagen – gleichgültig ob nicht befahrbar durch Hangneigungen von über 30 %, mangelnde Bodentragfähigkeit oder andere Ursachen – wurde der Bau von Maschinenwegen erforderlich, dessen Realisierung durch den höheren Kapitalbedarf wesentlich langsamer fortschritt und noch mindestens 10 Jahre andauern wird.

Erst die Feinerschließung bietet die vollen Möglichkeiten einer rationellen, mechanisierten Holzbringung. Jedoch kann auch ein Erschließungsnetz mit optimalen Abständen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten vorerst nicht gewährleisten, daß jeder Baum einer Fläche direkt von der Maschine angefahren und aufgenommen werden kann. Während sich das Rückemittel auf den Rückewegen bewegt, muß die verbleibende Distanz vom Rückeweg zum Fällort, die sogenannte Vorlieferentfernung, durch andere Hilfsmittel überbrückt werden, die im Verlaufe dieser Untersuchung zur Kennzeichnung des Bringungsvorganges und seiner Pfleglichkeit verwendet werden. Denn von der Art und Weise, wie das Vorliefern erfolgt, hängen Ausmaß und Verteilung möglicher Rückeschäden am verbleibenden Bestand entscheidend ab.

Auch für die Zukunft sind derzeit keine Rückeverfahren absehbar, die eine gute Bestanderschließung überflüssig machen könnten. Mit der raschen technischen Entwicklung zeichnen sich jedoch neue Möglichkeiten ab, wie die Vorlieferdistanz überbrückt werden könnte. Im Versuchseinsatz sind verschiedene hydraulische Fäll- und Greifarme, die ausgehend vom Grundfahrzeug auf dem Rückeweg Vorlieferentfernungen bis zu 15 m erreichen. Bei der Beurteilung dieser neuen technischen Möglichkeiten wird neben den ökonomischen Gesichtspunkten der Pfleglichkeit für Boden und Bestand besondere Bedeutung zukommen.

1.2 Problemstellung

1.2.1 Abgrenzung des Problems

Auch wenn man unterstellt, daß die Entwicklungen im Verhältnis von menschlicher und maschineller Arbeit im Grundsätzlichen nicht mehr rückgängig zu machen sind, bleibt die Aufgabe, die mechanisierten Bringungsverfahren in empfindlichen Durchforstungsbeständen so pfleglich wie möglich zu gestalten und das Ausmaß negativer Begleiterscheinungen gering zu halten. Die bei der Bringung auftretenden Schäden lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Bodendeformationen und unsichtbare Wurzelverletzungen durch Befahren der Bestände auf Rückewegen,
- Beschädigungen am bewegten Produkt selbst durch Schleifen, »Schießenlassen« unter Schwerkrafteinfluß, Anbringen von Befestigungsketten oder -seilen,
- Verletzungen an Bäumen des verbleibenden Bestandes durch den Transport des geernteten Holzes vom Hiebsort zum Fahrzeug.

Die auftretenden **Bodendeformationen**, die verursachten **Wurzelverletzungen** mit möglichen Folgeschäden sowie die **Beschädigungen am Produkt selbst** sind **nicht Gegenstand dieser Untersuchung**. Zum ersteren Problem ist eine umfassende schwedische Untersuchung abgeschlossen, deren Ergebnisse teilweise veröffentlicht sind (u. a. A. Hyppel/P. O. Nilsson 1968,

J. Scholander 1973, P. O. Nilsson 1974, J. Fries 1974, 1975, 1976). Untersuchungen in diese Richtung wurden im Südwesten der Bundesrepublik Deutschland von S. Schönhar eingeleitet. Schäden am Produkt selbst treten unter heutigen Bringungsmethoden in geringerem Umfang auf, da der Einfluß der Schwerkraft und unkontrolliertes »Schießenlassen« weitgehend dem kontrollierten Seilzug und dem Aufsatteln des Holzes auf der Bergstütze gewichen sind. Die vorliegende Untersuchung befaßt sich vielmehr mit den **Verletzungen am verbleibenden Bestand**, die beim Transport entnommener Bestandesglieder entstehen, im folgenden als **Rückeschäden** bezeichnet. Zwar ist A. Roeder (1970) beizupflichten, daß zwischen der Baumverletzung und dem sich daraus möglicherweise entwickelnden wirtschaftlichen Schaden zu unterscheiden ist, jedoch soll trotzdem der allgemein übliche Begriff Rückeschaden verwendet werden und darunter die beim Rücken verursachte Baumverletzung verstanden werden. Wie hiebsreife Bestände in Hanglagen z. B. des Schwarzwaldes beweisen, sind Rückeschäden keine neue Erscheinung, sie sind bereits im Gefolge früherer Bringungsverfahren verbreitet aufgetreten. Unter Nutzung der Schwerkraft ließ man das gehauene Holz früher häufig »schießen«. Soweit es an Gefällsbrüchen oder Stein- und Baumhindernissen zum Stillstand kam, wurde es durch menschliche Mithilfe erneut freigemacht und in Bewegung gebracht; je nach Geländeverlauf und Bestandesdichte wurde etappenweise schließlich der Talweg beziehungsweise Bachgrund erreicht. Dieses alte Bringungsverfahren findet gebietsweise noch heute Anwendung, soweit eine ausreichende Fahrweg- und Feinerschließung noch nicht vorhanden ist. Die dabei entstehenden Rückeschäden konzentrieren sich im unteren Bestandesteil in Wegnähe. Mit zunehmender Erschließung der Mittelgebirge kann dieses Bringungsverfahren abgelöst werden. Ein neuer Schwerpunkt der Rückeschäden sind deshalb nicht die Hanglagen, sondern die sogenannten befahrbaren Lagen bis etwa 30 % Hangneigung. In diesen Beständen wird das Industrieholz heute zunehmend nicht mehr in kurzer Form ausgehalten und über geringe Distanz zur Rückegasse getragen. Der Maschineneinsatz für die Bringung von langem Industrieholz mit größerer Stückmasse sowie das Anhängen des Holzes am starken Ende (dickörtig) haben neben größerem Krafteinsatz zu einer längeren Vorlieferdistanz geführt. Die Distanzvergrößerung rührt aus der veränderten Fällrichtung (weg von der Rückegasse) und dem Seilzug in einem spitzen Winkel zur Rückegasse.

1.2.2 Problemstellung konkret

Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen die **Bringungsschäden am verbleibenden Bestand in befahrbaren Lagen** (befahrbar nicht im Sinne von technisch möglich, sondern von wirtschaftlich und bodenpfleglich vertretbar). Die forstliche Praxis stellt nach Einführung mechanisierter Bringungsverfahren einen erhöhten Schadensumfang fest; die Klärung der quantitativen und qualitativen Zusammenhänge von Bringungsschäden und variierenden Einflüssen stehen erst am Beginn einer wissenschaftlichen Erforschung.

Die **quantitative** Untersuchung beschäftigt sich mit dem Einfluß der verschiedenen Umwelt- und Arbeitsbedingungen auf den Bringungsvorgang und damit auch auf Ausmaß und Verteilung der Beschädigungen am bleibenden Bestand.

Der **qualitative** Aspekt beinhaltet Art und Schwere der Rückeschäden sowie die Untersuchung möglicher Folgeschäden am Holz. Als Folgeschaden kommt vor allem die Infektion der Wunden durch holzerstörende Mikroorganismen in Frage, die zu Wundfäule und zu einer Beeinträchtigung der Nutzholztauglichkeit führen kann. Erst eine Bewertung dieser Folgeschäden am Holz als wirtschaftlicher Schaden läßt eine an den Auswirkungen gemessene Beurteilung der primären Rückeverletzungen zu.

Die Untersuchungen werden zunächst **auf die Baumart Fichte beschränkt**, deren Schadensempfindlichkeit insbesondere während der Saftzeit allgemein bekannt ist. Außerdem kommt den Schäden am »Brotbaum Fichte« besondere Bedeutung aus ökonomischer Sicht zu (R. Adomat 1965, H. Schmidt-Vogt 1967, G. Speidel 1967, Forsteinrichtungsstatistik 1961–1970 Baden-Württemberg 1973). Die Fichte ist an der Gesamtwaldfläche der Bundesrepublik Deutschland zu

40 % beteiligt, am öffentlichen Wald von Baden-Württemberg zu 39 %. Weit über diesen flächenmäßigen Anteil hinaus reicht ihre Bedeutung für ein positives Betriebsergebnis. Zusammenfassend stellt sich **das Problem, für die Baumart Fichte die wesentlichen Ursachen, das Ausmaß und die Verteilung von Rückeschäden durch Transportvorgänge zu untersuchen, anhand konkreter Bestände die auftretenden Folgeschäden am Holz zu analysieren und diese durch Beeinträchtigung der Nutzholzungtauglichkeit als wirtschaftlichen Schaden zu bewerten.**

2. Analyse des Problems und Ziele der Untersuchung

Die Vielzahl der Einflußfaktoren, ihre Wirkungen und möglichen Abhängigkeiten machen das Rückeschadensproblem außerordentlich komplex. Deshalb wird vor der methodischen Darstellung der Untersuchung und vor dem Bericht über die Versuchsergebnisse eine gedankliche Analyse des Problems versucht. Gleichzeitig sollen Teilaspekte herausgearbeitet und die wesentlichen Ziele dieser Untersuchung dargestellt werden.

2.1 Analyse des Problems

Der Veranschaulichung des komplexen Beziehungsgefüges dient Abbildung 1, die im Anhalt an A. Roeder (1970) dargestellt, jedoch verändert und erweitert wurde. Danach gliedert sich das Gesamtproblem in die Ebenen

- der Ursache (Transportvorgänge im Bestand),
- der primären Wirkung (Rückeschäden),
- der sekundären Wirkung (Wundfäulen mit wirtschaftlichem Schaden).

Der Schritt von der Ursache zu den beiden Wirkungsebenen ist nicht im strengen Sinne kausal, vielmehr tritt eine Reihe von varrierenden Einflüssen auf.

Zunächst müssen die in Abbildung 1 skizzierten und im folgenden besprochenen Einflußfaktoren als Hypothese betrachtet werden, deren Wirksamkeit teilweise aus der Untersuchung zu zeigen sein wird und deren Katalog erweitert oder reduziert werden muß.

2.1.1 Die Beeinflussung der Rückeschäden

Bereits einleitend wurde festgestellt, daß Rückeschäden negative Begleiterscheinungen des Bringungsvorganges darstellen, die wohl nie völlig zu vermeiden sein werden. Deshalb sind die den Bringungsvorgang beeinflussenden Faktoren gleichzeitig die Einflußfaktoren für Umfang, Art und Verteilung der im Gefolge der Bringung auftretenden Rückeschäden. Die einzelnen Einflüsse können in die vier Faktorengruppen

- Jahreszeit,
- Bestand,
- Rückeverfahren und
- Holzausformung

zusammengefaßt werden. In den folgenden Abschnitten sind die wesentlichen Einzelkomponenten der vier Faktorengruppen detaillierter dargestellt.

2.1.1.1 Faktoren der Jahreszeit

Einige mit der Jahreszeit besonders variierende Einflüsse könnten auch zu anderen Faktorengruppen gezählt werden. Faktoren der Jahreszeit sind vor allem

- Haftwiderstand der Rinde,
- teilweise die Witterung (Schneelage, Frost).

Der Haftwiderstand der Rinde (als Schälwiderstand bei der Entrindung meßbar) ist während der Vegetationszeit von Mai bis August deutlich geringer als in der Zeit der Saftruhe. Die jährlichen

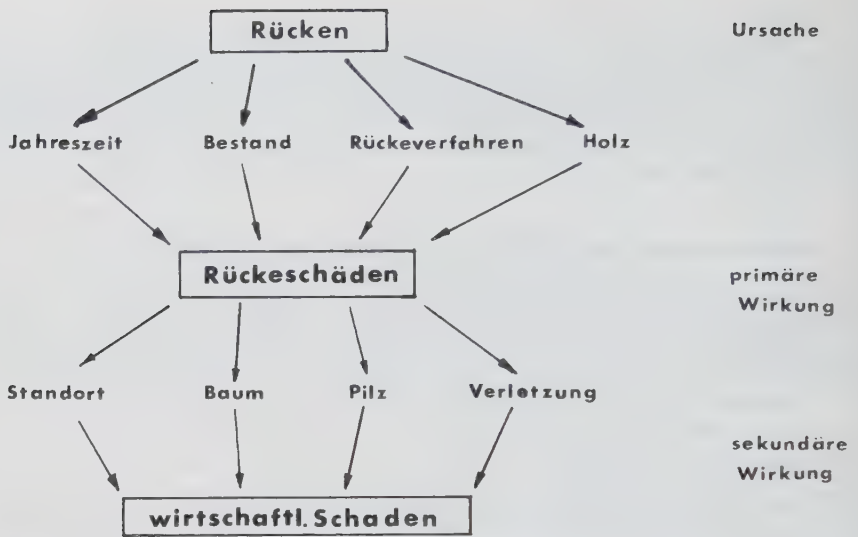


Abbildung 1: Beziehungsgefüge von Ursache »Rücken« über die primäre Wirkung »Rückeschaden« zur sekundären Wirkung »wirtschaftlicher Schaden« unter Berücksichtigung von modifizierenden Einflüssen in zwei Ebenen (nach A. Roeder 1970, jedoch verändert).

Grenzen von Saftzeit und Safruhe sind nicht starr, sondern schwanken mit dem Witterungsverlauf. Während der Übergang zur Saftzeit im Frühjahr sehr rasch erfolgen kann, klingt die Saftzeit im Spätsommer nur sehr langsam aus.

Einige Witterungseinflüsse auf den Rückevorgang wie Frost und Schneelage sind ebenfalls jahreszeitlich bedingt, während z. B. Regen nicht zu dieser Gruppe gezählt werden kann.

2.1.1.2 Faktoren des Bestandes

Als Faktoren des Bestandes werden verstanden

- Standort und Wuchsverhältnisse
- Bestandesalter bzw. -stärke
- Baumabstand
- Baumartenzusammensetzung
- Art der Bestandesbehandlung
- Erschließungsintensität

Standort und Wuchsverhältnisse werden hier zum Komplex der Bestandeseinflüsse gezählt, obwohl der Bestand seinerseits von diesen Faktoren geprägt wird.

Die Wirkung verschiedener Baumartenzusammensetzungen werden in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht, da zunächst die Fichte interessiert und als Versuchsbestände deshalb auch reine oder nahezu reine Fichtenbestände zugrundegelegt wurden.

2.1.1.3 Faktoren des Bringungsverfahrens

Die wichtigsten Einzelfaktoren sind

- Vorliefermittel und seine Ausrüstung
- Rückemittel und seine Ausrüstung

- Anhänge- und Rücketechnik im engeren Sinn
- Größe der Last
- Ausbildung und Eignung des Bedienungsmannes
- Vorliefer- und Rückeentfernung
- Einhaltung der Fällrichtung beim Hauen

Die genannten Einflüsse lassen sich jeweils weiter untergliedern, wie dies am Rückemittel und seiner Ausrüstung gezeigt werden kann: Schlepperbauart, Schleppertyp, PS-Stärke, Abmessungen, Ausrüstung mit Ein- oder Doppeltrommelwinde, mit hydraulischer Bergstütze, Seillänge und -stärke u. a.

Die Unterteilung der Bringung in Vorliefern vom Stock bis zur Rückegasse und nachfolgendem Rücken auf der Rückegasse bis zum Polterplatz ist für eine Reihe von Verfahren geradezu typisch, wobei teilweise das verwendete Hilfsmittel wechselt.

2.1.1.4 Faktoren der Holzausformung

Unter den Faktoren der Holzaushaltung werden die Einflüsse verstanden, die vom transportierten Produkt ausgehen; darunter zählen also nicht die Einflüsse des verbleibenden Bestandes. An Einzelfaktoren sind zu nennen

- Holzlänge
- Holzstärke
- Grad der Aufarbeitung

Der Grad der Aufarbeitung bezieht sich auf den Zeitpunkt der Bringung und nicht auf den Holzverkauf, da nur diese Merkmale für Bringung und Schadensausmaß bestimmend sind.

Der Massenanfall wird in erster Linie als Ergebnis einer bestimmten Durchforstungsstärke gesehen, hat jedoch auch Einfluß auf das Rückeverfahren.

2.1.2 Die Beeinflussung des wirtschaftlichen Schadens

Verletzungen am stehenden Baum führen zunächst zu einer **biologischen Störung** der Anatomie und Physiologie des Baumes. Bei der üblichen Größe und Lage der Rückeverletzungen kann davon ausgegangen werden, daß die Beschädigung der Leitungs- und Schutzgewebe des Baumes nur in Ausnahmen so schwerwiegend ist, daß die Nährstoffversorgung des Baumes ernsthaft gestört wird.

Zuwachsveränderungen, Wundreaktionen und Nekrosen sowie eine mögliche Pilzinfektion mit nachfolgender Fäulnis führen zu einer Beeinträchtigung des technischen Holzgebrauchswertes und damit über einen geringeren Holzerlös zu einem **wirtschaftlichen Schaden**.

Die Wirkungsfolge vom biologischen zum wirtschaftlichen Schaden wird wiederum von vielen Einzelfaktoren beeinflusst, die in die vier Faktorengruppen

- Standort,
- Baum,
- Pilz und
- Verletzung

zusammengefaßt werden können. In den folgenden Abschnitten werden die für die Untersuchung bedeutenden Faktoren näher analysiert.

2.1.2.1 Faktoren des Standorts

Es muß unterstellt werden, daß die standörtlichen Bedingungen sowohl den Baum und seinen Abwehrmechanismus als auch den infizierenden Pilz und seine Aggressivität beeinflussen können. Dieses Beispiel ist typisch für die komplexen Zusammenhänge möglicher Wundfäulen.

Einflüsse des Standortes gehen aus

- vom geologischen Ausgangsmaterial,
- von der Bodenbildung und Nährstoffversorgung,
- vom Klima in groß- und kleinklimatischer Ausformung.

2.1.2.2 Faktoren des Baumes

Auch die Faktoren des Baumes sind Teile eines komplexen Wirkungsgefüges, die ihrerseits wieder mit den Bedingungen des Standorts und der Schädigung unlösbar verbunden sind. Als wesentliche Faktoren des Baumes sind anzusehen:

- Alter
- Dimension (Brusthöhendurchmesser und Höhe)
- soziologische Stellung im Bestand
- biologische Aktivität (auch in Form von fungizid wirkenden Abwehrstoffen)
- Eigenschaften des Holzes

Die aufgezählten Faktoren lassen sich damit einem »äußeren« und »inneren« Bereich zuordnen. Die drei ersteren Faktoren befassen sich mit dem Phänotyp des Baumes im Bestand, die beiden letzteren mit physiologischen Vorgängen im Baum.

2.1.2.3 Faktoren des Pilzes

Obwohl die Rotfäuleforschung der beiden vergangenen Jahrzehnte zahlreiche neue Erkenntnisse, vor allem über den Pilz *Fomes annosus* (Fr.) Cooke, gebracht hat, sind die Lebens- und Infektionsbedingungen der typischen Wundfäuleerreger teilweise noch unbekannt.

Als Einflüsse des Pilzes sind zu nennen:

- bei Wundfäulen beteiligte Pilzarten
- artenspezifische Aggressivität
- Artenkombination bei Mischinfektionen
- Infektionswahrscheinlichkeit
- Zeitraum einer möglichen Infektion
- Intensität der Infektion.

Auch innerhalb der den Pilzarten zugeschriebenen Einflüsse müssen enge Interkorrelationen zu Standort und Baum erwartet werden.

2.1.2.4 Faktoren der Verletzung

Erst die Verletzung des Baumes schafft über die Wunde die Voraussetzung dafür, daß eine Infektion durch Mikroorganismen stattfinden kann. Deshalb kann erwartet werden, daß die Eigenschaften der Wunde auch eine wichtige Faktorengruppe bilden, die eine Entwicklung vom Ruckeschaden zum wirtschaftlichen Schaden beeinflußt. Der Komplex Verletzung läßt sich in nachfolgende Einzelfaktoren zerlegen:

- Zahl der Verletzungen
- Wundgröße
- Lage am Baum
- Tiefe der Verletzung
- Jahreszeit der Verwundung.

Mit der Darstellung und gedanklichen Analyse des Beziehungsgefüges in Abbildung 1 sollte der komplexe Charakter der Zusammenhänge zum Ausdruck gebracht werden. Läßt sich die Stufe der primären Wirkung, die quantitative und qualitative Aspekte zum Ausmaß der Beschädigung enthält, durch umfangreiche Versuchsanstellungen und Schadensaufnahmen befriedigend in den Griff bekommen, so dürfte dies für die Stufe der sekundären Wirkung von der Ruckeverletzung zum biologischen und wirtschaftlichen Schaden viel schwieriger sein. Denn die Faktoren Standort, Baum, Pilz und Schadenscharakter reagieren nicht allein nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung, vielmehr sind Interkorrelationen der Faktoren untereinander zu erwarten. So genügt am Beispiel des Faktors »Standort« nicht eine Erfassungseinheit, wie sie durch die forstliche Standortskartierung bekannt und geliefert wird. Zur Klärung des Standorteinflusses auf den Einzelbaum, an dem die Pilzfaktoren wirksam werden, müßte vielmehr eine detailliertere, baumbezogene Erfassung der Standortsfaktoren vorgenommen werden. Bezieht man dazu noch den

Faktor Zeit ein, unter dessen Wirkung aus dem biologischen Schaden ein wirtschaftlicher Schaden wird, so wird deutlich, wie langwierig und komplex die Klärung dieses Bereichs sein wird.

2.2 Ziele der Untersuchung

Ausgehend von der Problemstellung ist es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, einen Beitrag zu den noch offenen Fragen zu leisten. Im Anhalt an die durchgeführte Problemanalyse kann eine Reihe von Teilzielen herausgearbeitet werden. Diese Einzelziele sollen in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden.

2.2.1 Einbezogene Arbeitsverfahren

Das herkömmliche Arbeitsverfahren läßt sich gliedern in die Stufen der Holzernte im engeren Sinn und der Holzbringung. Waren in den befahrbaren Lagen und in der Vergangenheit beide Stufen in der Regel zeitlich und organisatorisch voneinander getrennt, sind für die Zukunft Entwicklungen mechanisierter Verfahren abzusehen, die diese traditionelle Trennung durchbrechen. Teilweise übernehmen Erntemaschinen auch das Vorliefern oder sogar das Rücken des Holzes. Teilweise wird die Aufarbeitungsphase nach Trennung des Baumes vom Stock durch die sofortige Bringung unterbrochen, die Aufarbeitung wird am Weg oder im Werk fortgesetzt.

Der vorliegenden Untersuchung werden die derzeit im Südwesten der Bundesrepublik Deutschland verbreiteten Ernte- und Bringungsverfahren zugrundegelegt. Die sich zunehmend abzeichnende Bringung von Bäumen im unentasteten Zustand (Ganzbaum-Verfahren) wird ebenfalls durch Versuchsdaten belegt. Nicht in die Untersuchung einbezogen werden dagegen noch im Versuchsstadium stehende Holzernteverfahren, da dafür noch keine ausreichenden Schadensunterlagen gesammelt werden konnten. Diese neuen Verfahren werden jedoch in einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen angesprochen.

Alle untersuchten Arbeitsverfahren haben **gemeinsam**, daß die Bäume mit der Motorsäge gefällt werden, sie **unterscheiden** sich je nach Sortiment in der Phase des Vorlieferns vom Stock bis zur Rückegasse, **einheitlich** ist wiederum das Rücken auf der Rückegasse durch mit Seilwinde ausgestattete Rückeschlepper (Skidder). Art und Typ, PS-Stärke und Ausrüstungsstand des Rückeschleppers variieren und wurden nicht als Stratifizierungsmerkmal herangezogen.

Lastragende Rückeschlepper (Forwarder) sind nicht in die Untersuchung aufgenommen, da sich ihr Einsatz im südwestdeutschen Raum auf Ausnahmen beschränkt. Insoweit unterscheiden sich die zugrundeliegenden Bringungsverfahren von allen in Abschnitt 3 aufgeführten skandinavischen Untersuchungen, die von dem dort verbreiteten Forwarder als Rückemaschine ausgehen.

2.2.2 Erfassung von Rückeschäden

Um das Problem Rückeschäden einer detaillierteren Untersuchung zugänglich zu machen, bedarf es einer ausführlichen Beschreibung der mit Rückevorgang und Schadensverursachung verknüpften Tatbestände. Voraussetzung hierzu ist eine Meßbarkeit zahlreicher Einzelfaktoren, die den Rückeschaden charakterisieren.

Bei der Erarbeitung einer geeigneten Aufnahmemethodik wird zu beachten sein, daß sowohl einmalige Schadensaufnahmen als auch längerfristige Schadensbeobachtungen mit Auswertung der Folgeschäden in Frage kommen.

Die zu erwartenden Veränderungen der Holzernteverfahren und der Bringungsverfahren führen dazu, daß das Thema aktuell bleiben wird. Bereits in der Erprobungsphase neuer Arbeitsverfahren, insbesondere auch bei einer fortschreitenden Mechanisierung der Holzernte, sollte jeweils durch Aufnahme der Ernte- und Bringungsschäden eine möglichst vollständige Beurteilung der ökonomischen und ökologischen Aspekte gewährleistet werden. Die Aufnahmemethode muß deshalb offen sein gegenüber Veränderungen des Arbeitsverfahrens.

Im übrigen sind die in der Praxis angewandten Kombinationen aus Rückemittel + Bedienungs-

mann so vielfältig, daß der Praxis selbst das Werkzeug an die Hand gegeben werden sollte, vergleichende Schadensaufnahmen durchzuführen.

Deshalb muß es Ziel des Aufnahmeverfahrens sein, einen vertretbaren Kompromiß zwischen der erforderlichen Genauigkeit für eine wissenschaftliche Auswertung einerseits und der notwendigen Vereinfachung für eine breite, praktische Anwendung andererseits zu finden. Dieses Ziel steht nicht allein für die Methode der Aufnahme, es ist ebenfalls auf die Auswertung der Rückeschäden zu übertragen: eine einfache, rasche Auswertung für den Überblick der Praxis zu ermöglichen und gleichzeitig ausreichende Daten für eine umfassende Auswertung über EDV an einem wissenschaftlichen Institut zu liefern.

2.2.3 Ausmaß und Verteilung von Rückeschäden

Bei der Problemanalyse wurden die verschiedenen Faktoren aufgeführt, die auf das Ausmaß der Rückeschäden von Einfluß sein können. Ein Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Klärung der Frage, ob und in welchem Umfang die möglichen Einflüsse tatsächlich das **Schadensausmaß** bestimmen. Dabei ist für das Schadensausmaß eine geeignete Kennzahl einzuführen, die ein gutes Bild dieses quantitativen Aspekts vermittelt.

Die praktische Erfahrung lehrt, daß die **Schadensverteilung** nicht gleichmäßig über eine Fläche erfolgt. Die Verteilung ist vielmehr vom Erschließungssystem abhängig, auf dem sich der Rückeschlepper bewegt und auf dessen Linien sich das vorgelieferte Holz konzentriert. Da sich die Rückeschäden ebenfalls an den Rückegassen häufen, erhebt sich unter dem Aspekt der Pfléglichkeit die Frage nach dem optimalen Abstand der Rückegassen. Die direkten Rückekosten sprechen für ein sehr engmaschiges Netz von Rückegassen, dessen Grenze erst durch Zuwachsverluste bei zu großem Anteil produktionsloser Flächen gezogen wird.

Es stellt sich die Frage, ob sich dieses Ziel unter dem Aspekt der Bestandesschäden, die letztlich mittelbare Kosten darstellen, halten läßt. Für eine intensive Bestandesfeinerschließung waren neben ökonomischen Gesichtspunkten stets auch solche der Pfléglichkeit und Ökologie angeführt worden.

Zusammenfassend hat die Schadensverteilung zwei Dimensionen:

- Verteilung der beschädigten Bäume im Bestand in bezug auf eine Erschließungslinie.
 - Verteilung der einzelnen Beschädigungen auf die verschiedenen Bäume eines Bestandes.
- Beide Aspekte sind zunächst getrennt zu behandeln und zu untersuchen.

2.2.4 Art der Beschädigungen

Neben der im vorigen Abschnitt angesprochenen quantitativen Aspekte der Beschädigungen, gilt es, auch eine Reihe qualitativer Eigenschaften zu klären. Im Hinblick auf mögliche Folgeschäden interessiert ein Maß für die »Schwere« der Beschädigung. Die Schwere selbst wird sich wiederum aus mehreren Einzelfaktoren zusammensetzen, die meßbar gemacht werden müssen.

Erst die qualitativen Aspekte der Rückeschäden geben eine Möglichkeit zur Beurteilung, ob und inwieweit ein biologischer Schaden am Baum entstanden ist. Gleichzeitig werden damit für den einzelnen Rückeschaden die Bedingungen festgelegt, mit welcher Wahrscheinlichkeit Folgeschäden in Form von Wundfäulen auftreten können.

Umfang, Verteilung und Charakter der Rückeschäden sind zwar von vielen Bestandes- und Rückekfaktoren abhängig, trotzdem darf aus dem Ergebnis zahlreicher Versuchsflächen eine gewisse Verallgemeinerung und Übertragbarkeit der Ergebnisse erwartet werden.

2.2.5 Die Wahrscheinlichkeit einer Wundfäule

Ein wesentliches Ziel der Untersuchung muß sein, die Richtigkeit der Kausalkette Rückeschaden → Wundfäule → wirtschaftlicher Schaden zu prüfen, denn soweit eine Infektion durch holzerstörende Mikroorganismen nicht eintritt, kann eine Rückeverletzung als harmlos angesehen werden. Die Untersuchung über Wahrscheinlichkeit und Umfang von Wundfäulen kann aus methodischen Gründen nur an relativ wenigen Versuchsflächen vorgenommen werden. Berücksichtigt

man dazu die bei den Rotfäule-Forschungen für *Fomes annosus* gefundene Bestandes- und Standortsbezogenheit der Fäulnis, so darf für dieses Versuchsziel nur eine eingeschränkte Allgemeingültigkeit erwartet werden.

Auf der anderen Seite soll trotzdem nicht darauf verzichtet werden, einen vorläufigen Überblick zu gewinnen, welche Schadensfaktoren eine Wundfäule beeinflussen. Ziel der Untersuchung auf diesem Sektor kann es deshalb nur sein, für konkrete Bestände eine Aussage über einen Zeitraum von 5–7 Jahren zu erhalten. Der Infektionsschwerpunkt durch Mikroorganismen liegt ohne Zweifel in den ersten Jahren nach der Verwundung. Kleine und oberflächliche Rückeschäden sind ohne zusätzliche Farbmarkierungen teilweise nach dieser Zeit nicht mehr sichtbar und bereits überwallt.

2.2.6 Fäulefortschritt und Bild der Wundfäule

Das Ausmaß des wirtschaftlichen Schadens wird durch den zum Erntezeitpunkt erreichten rotfaulen Abschnitt bestimmt. Insoweit interessiert die Geschwindigkeit des Fäulefortschritts über den Zeitraum von der Beschädigung bis zur Ernte des Baumes. Dieser Zeitabschnitt umfaßt jedoch in der Regel 50 bis 80 Jahre, so daß nur sehr langfristige Beobachtungen den gesamten Entwicklungsgang erfassen können.

Der im Rahmen dieser Untersuchung erfaßte Zeitabschnitt von 5 bis 7 Jahren erlaubt deshalb nur eine vorläufige Beurteilung des Umfangs der Holzerstörungen. Von Interesse sind auch die wesentlichen Faktoren, die die Geschwindigkeit des Fäulefortschritts beeinflussen. Es soll versucht werden, diese aus den Versuchsbeständen in ihrem Einfluß zu bestimmen. Besondere Bedeutung kommt der Frage zu, ob der Fäulefortschritt auch durch Merkmale der Verletzung beeinflusst wird oder ob nach eingetretener Infektion der Fäulefortschritt sich davon unabhängig verhält.

Gerade beim Fäulefortschritt müssen sehr komplexe Zusammenhänge von Standortbedingungen, Wuchs- und Abwehrvermögen des Baumes sowie Aggressivität der pilzlichen Erreger erwartet werden (H. Löffler 1975).

Neben dem Fäulefortschritt interessieren weitere Erkenntnisse zum Fäuleverlauf im Baum, wie z. B. das typische räumliche Schadensbild, der Fäulefortschritt im Baumquerschnitt, die Zahl der befallenen Jahrringe, der Fäulefortschritt schaft- und stockwärts.

2.2.7 An der Infektion beteiligte Mikroorganismen

Gefährlichkeit der Erreger und Fäulefortschritt dürften wesentlich von den an der Infektion beteiligten Pilzarten und möglichen anderen Mikroorganismen abhängen. Deshalb werden aus Rückeschäden mit Wundfäulen die beteiligten Mikroorganismen isoliert und bestimmt.

Über den Infektionsvorgang selbst, etwaige Reihenfolge und antagonistische Wirkungen beteiligter Pilzarten werden keine Aussagen erwartet. Dasselbe gilt für den jahreszeitlichen Einfluß auf den Sporenflug von Pilzen und die dadurch möglicherweise variierte Infektionswahrscheinlichkeit. Alle diese Fragen müssen speziellen mykologischen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Neben dem Artenspektrum der Fäulepilze interessieren mögliche artenspezifische Unterschiede im Fäulefortschritt und -bild.

2.2.8 Bewertung des wirtschaftlichen Schadens

Die Kausalkette Rückeschaden → biologischer Schaden → wirtschaftlicher Schaden zeigt auf, daß die Bedeutung von Rückeschäden letztlich nur am Auftreten eines wirtschaftlichen Verlustes und seinem Ausmaß gemessen werden kann. Der mögliche wirtschaftliche Schaden ist als mittelbarer Kostenfaktor der Bringungsphase zuzuschreiben. Aus der unterschiedlich starken Gefährdung von Beständen durch verschiedene Rückeverfahren werden Hinweise für die Verfahrenswahl erwartet. Den mittelbar entstehenden Kosten sollte damit die gleiche Bedeutung wie den unmittelbar auftretenden Rückekosten zugemessen werden. Der wirtschaftliche Schaden wird je Baum und je Erntefestmeter hergeleitet. Die Bewertung der wirtschaftlichen Verluste er-

folgt modellhaft und nicht an konkreten Versuchsbeständen, da der untersuchte Zeitraum zu kurz ist. Die Höhe des wirtschaftlichen Schadens interessiert

- sowohl für den Baum im Umtriebsalter, der als Zukunfts-Baum (Z-Baum) im Pflegebestand von Rückeschäden betroffen wurde,
- als auch für den typischen Durchforstungsanfall.

Schadenskalkulationen nach Rotwildschälsschäden (H. Weiss, 1959, R. Beisel 1973) deuten darauf hin, daß der Faulholzzuwachs mit dem Bestandesalter nicht stetig zunimmt und daß am starken Baum wiederum ein hoher Anteil gesunden Holzes angelegt wird. Daraus wurde von den genannten Autoren gefolgert, daß ein vorzeitiger Abtrieb geschälter Bestände in der Regel betriebswirtschaftlich nicht zu empfehlen ist.

2.2.9 Konsequenzen für die Praxis

Als letztes Teilziel dieser Untersuchung werden aus den Untersuchungsergebnissen erste Konsequenzen und Folgerungen für die forstliche Praxis erwartet. Diese Folgerungen konzentrieren sich auf zwei Bereiche:

- die Wahl geeigneter waldbaulicher und technischer Verfahren, um Rückeschäden soweit als möglich zu vermeiden. Dies gilt vorrangig für die wertvollsten Bäume des Bestandes, die Z-Bäume, die das Produktionsziel einer maximalen Werterzeugung sicherstellen sollen.
- die Empfehlung geeigneter Schutzmaßnahmen gegen Wundfäulen, soweit Rückeschäden nicht vollständig vermeidbar sind. Damit soll sichergestellt werden, daß zumindest für die Z-Bäume die Kausalkette Rückeschaden → wirtschaftlicher Schaden nicht zutrifft.

Mit Sicherheit kann der als äußerst komplex beschriebene Problemkreis mit einer Reihe von Ergebnissen zu Einzelfragen nicht als gelöst betrachtet werden. Aus den gesammelten Erfahrungen dieser Untersuchung können Hinweise auf künftige Forschungsaufgaben dieses Problemkreises entnommen werden. Die zu erarbeitende Aufnahmemethode für Rückeschäden und zahlreiche bisher einmalig aufgenommene Versuchsflächen, deren Weiterverfolgung angeregt werden soll, bieten einige Ansatzpunkte für künftige Untersuchungen.

3. Überblick über bisherige Untersuchungen

Die im weiteren Sinn interessierenden Untersuchungen im europäischen Raum – auch einige Veröffentlichungen Nordamerikas wurden berücksichtigt – lassen sich in mehrere Gruppen gliedern:

- Rotfäule-Untersuchungen mit dem Schwergewicht der durch *Fomes annosus* verursachten »Kernfäulen«,
- Untersuchungen der Rotwild-Schälsschäden mit besonderer Berücksichtigung der entstehenden »Wundfäulen«,
- im engeren Sinn Untersuchungen zur Entstehung und Erfassung von Rückeschäden, möglichen Folgeschäden durch »Wundfäulen« und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

3.1. Kernfäule-Untersuchungen

Zwar gehören die umfangreichen, weltweiten Veröffentlichungen zur Rotfäule, die in den vergangenen 20 Jahren einen phytopathologischen Forschungsschwerpunkt darstellten, zum weiteren Problemkreis der hier behandelten Rückeschäden. Trotzdem soll darauf verzichtet werden, an dieser Stelle die zahlreichen Versuchsergebnisse darzustellen. Beispielhaft seien hier nur einige Veröffentlichungen von H. J. Braun (1958, 1960), H. J. Braun/J. Lulev (1969, 1970) und H. Courtois (1968, 1970, 1973) aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Universität Freiburg und von S. Schönhart (1969, 1974 b, 1975, 1976, 1977) aus der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg genannt.

Soweit Kernfäulefragen angesprochen sind oder erwähnenswerte Parallelen aufweisen, werden die entsprechenden Veröffentlichungen und Ergebnisse an der jeweiligen Stelle der vorliegenden Untersuchung angeführt.

3.2 Untersuchung der Rotwild-Schälsschäden

Im Rahmen dieses Überblicks über Schälsschadensuntersuchungen steht nicht die Ursachenforschung auf wildbiologischem und ökologischem Bereich im Vordergrund des Interesses, vielmehr interessieren die ebenfalls zahlreichen, bis etwa zur Jahrhundertwende zurückreichenden Untersuchungen zu den **Auswirkungen von Schälsschäden**. Schälsschäden und Rückeschäden haben gemeinsam, daß sie beide zu sogenannten »Wundfäulen« (im Gegensatz zu den aus dem Stock aufsteigenden »Kernfäulen«) führen und damit einen wirtschaftlichen Schaden verursachen können. Trotzdem sind wohl auch eine Reihe von Unterschieden zwischen Schälsschäden und Rückeschäden zu beachten, die sich neben der Schadensursache vor allem auf die Art der Beschädigung, ihre Lage am Baum, den Verursachungszeitpunkt und die Verteilung im Bestand beziehen. Als gleichartig können wiederum die Vorgänge der Infektion durch holzzerstörende Pilze, Fäulefortschritt und mit gewissen Unterschieden die wirtschaftlichen Auswirkungen vermutet werden.

Mit der Erfassung der Schälsschäden und damit einer der Voraussetzungen für weiterführende Untersuchungen haben sich G. Hildebrandt (1959), H. Weiss (1959), A. Kurth (1964) und A. Roeder (1970) befaßt. Die Erarbeitung geeigneter Aufnahmemethoden waren wesentliche Ziele dieser Arbeiten. Auch die Verteilung der Schäden über den Bestand und über unterschiedliche Standorte wurde, analog zu den Rückeschäden, angesprochen.

Eine Reihe von Untersuchungen behandelt die Wachstumsreaktion des Baumes auf Schälsschäden und nachfolgenden Pilzbefall. Auffallend ist, daß die einzelnen Autoren zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Bereits H. Reuss (1888) hatte an Bestandesmittelstämmen in 1,8 m Baumhöhe nach Schälsschäden einen um 12 bis 24 % geringeren Durchmesser gegenüber ungeschälten Beständen festgestellt. Um 20 % geringere Durchmesser hat K. Gehrhardt (1905) an geschälten Mittelstämmen in 2,0 m Höhe gemessen; die Differenz zu ungeschälten Stämmen wird auf entsprechende Zuwachsverluste durch Schälsschäden zurückgeführt.

Einen anderen methodischen Weg beschreitet T. Micklitz (1915), indem er nach einem Bestandesvergleich für die Gesamtmasse einen 25 %igen Zuwachsverlust angibt. Aus der Analyse von Einzelstämmen ermittelt E. Schimitschek (1939) einen Zuwachsverlust an Masse, der sich sogar auf 35 % beläuft. Auch F. Kato (1969) kalkuliert mit Zuwachsverlusten von durchschnittlich 20 % der Gesamtmasse.

Den genannten Untersuchungen mit ermittelten Zuwachsverlusten von 12 bis 35 % stehen Ergebnisse anderer Autoren gegenüber, denen der Nachweis von Zuwachsverlusten nach Schälsschäden nicht oder nur in geringem Ausmaß gelang. Von einem geringen Zuwachsverlust, der erst längere Zeit nach Schadenseintritt und bei größerem Fäulefortschritt nachweisbar wird, berichtet E. Wiedemann (1929). Trotz schwerer Schälsschäden an Fichte konnte A. Hilscher (1964) in Österreich nur geringfügige Massenverluste nachweisen, die sich unter 1 % halten. Auch A. Roeder (1970) verneint einen »deutlichen, schwerwiegenden Zuwachsverlust« und stellt mit E. Wiedemann (1929) fest, daß der Zuwachs witterungsbedingt so stark schwankt, daß schälsschadensbedingte Zuwachsrückgänge nicht nachweisbar sind.

Als weitere Zuwachsreaktion auf Schälsschäden hat A. Roeder (1970) u. a. einen veränderten Zuwachsverlauf in verschiedenen Baumhöhen gemessen. Danach verstärkt sich der Radialzuwachs in den oberhalb der Schälwunde gelegenen Bereichen, gleichzeitig tritt auf den der Wunde gegenüberliegenden Radien eine geringe Abschwächung des Radialzuwachses ein.

Zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen auch die Untersuchungen, die den Fäulefortschritt in Abhängigkeit von einzelnen Einflüssen behandeln. Übereinstimmend wird die Komplexität der Zusammenhänge festgestellt. Vermutlich sind darauf auch die teilweise widersprüchlichen Ergebnisse zurückzuführen, da nicht alle Einflüsse einzeln zu fassen sind.

G.Baader (1956) und die Bewertungsrichtlinien des Steiermärkischen Forstvereins (1956) schreiben der Zahl der Schälwunden je Baum einen Einfluß auf den Fäulefortschritt zu. Die negativen Auswirkungen der einzelnen Schäl Schäden summieren sich damit für den Baum. Demgegenüber hält H. Weiss (1959) die später hinzukommenden, weiteren Schälwunden für relativ bedeutungslos.

Auch zum Einfluß der Wundgröße auf den Grad der Holzentwertung durch Fäulnis liegen verschiedene Untersuchungsergebnisse vor. E. Schimitschek (1939) und A. Hilscher (1964) verneinen für die Wundgröße einen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Fäulefortschritts. Demgegenüber stellen H. Schönwiese (1932), Hauffe (1938) und E. König (1957) fest, daß Länge, Breite und Tiefe der Schälverletzung von Einfluß auf den Fäulefortschritt und den Grad der Holzzerstörung sind. Zum selben Ergebnis kommt H. Löffler (1975) in einer regressionsanalytischen Auswertung des Untersuchungsmaterials von H. Weiss (1959).

Mit dem Einfluß der standörtlichen Wuchsbedingungen und der soziologischen Stellung des Baumes auf die Wundfäule befassen sich ebenfalls mehrere Untersuchungen. Einen rascheren Fäulefortschritt unter besseren Wuchsbedingungen bejahen G. Baader (1956), W. Mantel (1968), K. Möhring (1968) und W. Kremser (1968). Die Erklärungen dafür sind jedoch sehr unterschiedlich, vom größeren Frühholzanteil gutwüchsiger Bäume bis zu geringeren Abwehrstoffen. Zum gegenteiligen Ergebnis, daß geringerwüchsige Bäume einen höheren Fäulefortschritt aufzuweisen haben, kommen E. Wiedemann (1929) und R. Falck (1930).

Mit den waldbaulichen Konsequenzen nach Rotwildschälung und Wundfäule haben sich H. Weiss (1959), J. Richter (1963) und wiederum A. Roeder (1970) auseinandergesetzt. Für die waldbauliche Behandlung derartiger Bestände werden Aushieb der am stärksten beschädigten Bestandsglieder, jedoch – von Extremen abgesehen – kein vorzeitiger Abtrieb der Bestände empfohlen.

Zu erwähnen bleibt abschließend eine Reihe von Bewertungsversuchen für rotwildgeschälte Bestände, z. B. von F. E. Eidmann (1952), G. Baader (1956), H. Weiss (1959), A. Hilscher (1964), F. Kato (1969), A. Roeder (1970) und R. Beisel (1973). Das methodische Vorgehen bei diesen Bewertungen ist durch Vielfalt gekennzeichnet. Die Spanne reicht von der Bewertung der wirtschaftlichen Schäden am Schnittholz (A. Roeder) bis zur Bewertung ganzer Betriebsklassen (R. Beisel).

Aus der wirtschaftlichen Bedeutung von Schäl Schäden heraus haben H. J. Steinlin (1964), H. Mayer (1968, 1975) und F. Kato (1969) gefordert, schäl schadensbedingte Verluste getrennt zu erfassen und dem Jagdbetrieb anzulasten.

3.3 Untersuchung von Ernte- und Transportschäden

Als Folge eines höheren Mechanisierungsgrades der Forstwirtschaft in Skandinavien und Nordamerika liegen aus diesen Ländern eine Reihe von Untersuchungen vor, die sich mit den Schäden am bleibenden Bestand und am Boden befassen.

Durch die Begriffserweiterung von Rücke- zu Ernte- und Transportschäden soll versucht werden, auch neuere Untersuchungen einzubeziehen, deren Arbeitsverfahren durch eine engere Verflechtung von Hauen und Bringen gekennzeichnet sind. Im übrigen sind Fäll- und Ernteschäden am bleibenden Bestand sowohl biologisch als auch mykologisch sowie wirtschaftlich analog den Ruckeschäden zu bewerten.

3.3.1 Schäden an Boden und Wurzeln

Ein besonderes Schwergewicht der skandinavischen Untersuchungen liegt auf den Bodenschäden und den Wurzelbeschädigungen. Ergänzend werden auch die oberirdischen und sichtbaren Schäden entlang den Rückewegen behandelt. Damit unterscheidet sich der Schwerpunkt mehrerer skandinavischer Untersuchungen grundsätzlich von den Zielsetzungen der vorliegenden Arbeit. Die Ursache dieses Unterschieds muß in den zugrundeliegenden Arbeitsverfahren, insbe-

sondere für Vorliefern und Rücken gesehen werden. So basieren die schwedischen und finnischen Untersuchungen auf dem Rücken mit Forwarder in befahrbaren Lagen, dem in der Regel motormanuelle Fällung, Kranlängenaushaltung des Holzes sowie Vorliefern von Hand vorausgehen. Nach einer neuen Untersuchung von C. Boström (1977) wurden 1974 in der Sortimentsmethode nur 7,2 % des Holzes mit einer Seilwinde vorgeliefert. Bis 1982 rechnet derselbe Autor mit einem Anstieg der Seilwindenbringung bei der Sortimentsmethode auf 18,4 %. Weitere 23,7 % (1974 0,6 %) sollen bis dahin in Ganzbaumform mit Winde zur Rückegasse vorgeliefert und dort weiter aufgearbeitet werden.

Entsprechend der heute in Skandinavien überwiegend eingesetzten lasttragenden Rückeschlepper konzentrieren sich die Schäden auf die Rückegassen. Dort treten Bodenschäden durch Gleisbildungen und Verdichtungen sowie Wurzelbeschädigungen an den benachbarten Bäumen auf.

In grundlegenden Arbeiten haben sich vor allem J. Scholander (1973) und M. Kärkkäinen (1970) für Schweden bzw. Finnland mit der Bodentragfähigkeit beim Einsatz verschiedener Rückemittel und unterschiedlicher Ausrüstungsvarianten wie Niederdruckreifen, Ketten, Halbraupen und Vollraupen befaßt. A. Hyppel/P. O. Nilsson (1968), M. Kärkkäinen (1970, 1973) sowie vor allem J. Fries (1974, 1975, 1976) behandeln ausführlich die Wechselwirkungen von Bodenart, Zahl der Maschinenbewegungen, Spurtiefe, Reisigdeckung der Rückegasse, Wurzelbeschädigungen und Entfernung der Bäume von der Schlepperspur. In welchem Umfang das Wurzelwerk der Randbäume beschädigt wird, hängt danach weitgehend von der Spurtiefe und der Entfernung des Baumes ab. So sind bei einem BHD-Bereich von 15–25 cm 40 bis 100 % aller Bäume an der Wurzel beschädigt, die 0,75 m oder näher an der Maschinenfahrspur stehen. Die Wurzelschäden reichen nach J. Scholander (1973) bis zu Randbäumen mit 1,25 m Abstand von der Fahrspur. Reisiglagen auf der Rückegasse sowie die Ausrüstung des Forwarders mit Raupen bei weichen Moränenstandorten haben sich als geeignet erwiesen, die Schäden beträchtlich zu verringern. M. Kantola (1974) zieht aus den gefundenen Zusammenhängen u. a. den Schluß, daß einer ausreichenden Rückegassenbreite von 4 bis 5 m große Bedeutung im Sinne einer Schadensreduzierung zukommt.

Mit den Zuwachsverlusten im Gefolge von Boden- und Wurzelschäden haben sich A. Agren (1969) sowie wiederum J. Fries (1974, 1976) befaßt und Standortsabhängigkeiten festgestellt. Danach treten in einem Randbereich von 3 bis 4 m beidseitig der Rückegassen schadensbedingte Zuwachsverluste bis zu 5 % auf. S. Heden (1969) dagegen verneint derartige Zuwachsverluste. Die methodische Schwierigkeit dieser Frage liegt in der Überlagerung von Zuwachssteigerungen durch den Auftrieb von Rückegassen und Zuwachsverlusten durch Boden- und Wurzelschäden. J. Fries und Mitarbeiter haben versucht, dieses Problem zu entflechten, indem von Rückegasse zu Rückegasse zwischen den Rückemitteln Forwarder und Pferd gewechselt wurde. Auch unterirdische Wurzelverletzungen können zu Fäulnis nach Pilzinfektionen führen, worauf insbesondere A. Isomäki/T. Kallio (1974) und J. Fries (1974, 1975) hingewiesen haben. Zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen die verschiedenen Autoren für den Anteil der Wurzelverletzungen, der zu Fäulnis führt. Nach J. Fries (1974) sind nach einer 3- bis 9jährigen Beobachtungszeit ca. 90 % der Wurzelbeschädigungen von Fäuleerregern befallen, in 17 % ist die Fäulnis bereits in den verwertbaren Stammbereich vorgedrungen.

Von A. Hyppel/P. O. Nilsson (1968) wurde der wichtige Nachweis geführt, daß Beschädigungen an Wurzeln von weniger als 2 cm Durchmesser nicht zu Fäulnis führen. Daraus folgt J. Scholander (1973), daß Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von weniger als 13 cm hinsichtlich der Gefährdung durch Wurzelverletzungen neutral sind.

Auch für Mitteleuropa gewinnen die Boden- und Wurzelschäden durch den zunehmenden Einsatz von geländegängigen, schweren Forstschleppern an Bedeutung. E. Pestal (1975) fordert für den Alpenraum die Einschränkung der Schlepperfahrten im Gelände, den Bau von Rückewegen und eine bessere Organisation der Maschineneinsätze. Aus Gründen der Pfléglichkeit sowie der erfolgten und absehbaren Energieverteuerung mißt er für den Alpenraum den Seilanlagen wieder

eine größere Bedeutung bei. Ob diese Entwicklung tatsächlich eintreten wird, darf nach der bescheidenen Verbreitung der Seilbringung in der Vergangenheit bezweifelt werden. Insbesondere in Österreich hat sich die Diskussion an der Frage entzündet, ob der knickgesteuerte Forstspezialschlepper Ersatz oder Ergänzung des Wegenetzes beziehungsweise noch zu bauender Wege darstellen soll (M. Habsburg-Lothringen 1970, E. Pestal 1969, K. Splechna 1970, F. K. Hohenlohe-Waldenburg 1967 und W. König 1968). Die enormen technischen Möglichkeiten moderner Rückefahrzeuge haben in einigen Fällen dazu geführt, daß die durch die Bodenpfleglichkeit zu ziehende Einsatzgrenze überschritten wurde. Empfehlungen für das Rücken auf nicht tragfähigen, empfindlichen Keuperstandorten Nord-Württembergs geben G. Mahler/H. Schelshorn (1973): Dezentralisierung der Rückefahrten, leichte Fahrzeuge mit breiten Reifen beziehungsweise Raupen, Vermeiden maximaler Last, Aufsatteln der Last, Vermeiden von Schlupf.

3.3.2 Schäden am stehenden Bestand

Diese im engeren Sinn das Thema betreffenden Untersuchungen werden in Beiträge

- zur Methodik der Schadensaufnahme und quantitativen Auswertung und
- zur Analyse der Folgeschäden durch Wundfäule

unterteilt.

3.3.2.1 Aufnahme und Ausmaß der Schäden

Mit den quantitativen Aspekten von oberirdischen Schäden durch das Rücken beschäftigen sich eine Reihe von Arbeiten aus Skandinavien und der Bundesrepublik Deutschland. M. Kärkkäinen (1970) berichtet aus Finnland über einen Vergleich verschiedener Forwarder-Typen und unterschiedlicher Rückegassenbreiten. Während die Bodenschäden durch Spurbildung nach Maschinentyp variieren, konnten für Baumbeschädigungen keine größeren Unterschiede gefunden werden. Die Größe der Verletzungen steigt mit dem Brusthöhendurchmesser des Baumes, ebenso mit Beginn der Vegetationszeit. Mit der Wundengröße nimmt auch die Tiefe der Verletzung zu.

Ebenfalls für Finnland berichten S. Hannelius/M. Lillandt (1970) von einer starken jahreszeitlichen Abhängigkeit der Zahl und Größe von Rückeschäden. Daß 81 % der Schäden unmittelbar an der Rückegasse liegen, ist charakteristisch für die angewandten Bringungsverfahren mit lasttragenden Schleppern.

In den USA hat H. A. Froehlich (1974) für die Holzbringung mit Raupenschlepper und Seil festgestellt, daß Seilbringung weniger Boden- und in gleichem Umfang Stammverletzungen verursacht. Während die Wunden beim Schleppereinsatz am Stammfuß konzentriert sind, verteilen sich diese bei Seilbringung auf größere Höhen am Baum.

Auf die Notwendigkeit einer systematischen Erforschung der Holztransportschäden unter mitteleuropäischen **Bestandes- und Bringungsverhältnissen** hat P. Abetz (1972) hingewiesen und dabei das schwedische Beispiel einer interdisziplinären Forschung angeführt.

Um eine Methode zur systematischen Erfassung der Rückeschäden hat sich H. H. Höfle (1971) bemüht. Über erste praktische Anwendungen haben H. H. Höfle (1971) für Fichte und M. Khalisy/G. Oesten/G. Wöfle (1971) für Buche berichtet. Das Verfahren wird im Kapitel Methodik dieser Arbeit eingehend beschrieben werden, da es bei der Sammlung des Versuchsmaterials, das dieser Untersuchung zugrundeliegt, noch teilweise angewandt wurde. Für Fichte kam Höfle zu dem Ergebnis, daß das Ausmaß der Rückeschäden stark vom Bringungsverfahren und von der Jahreszeit abhängt. Die Schadensrelation für Kurzholz und fallende Längen verhält sich danach wie 1:3 bis 1:4. Die Schäden durch Schlepper sind zahlenmäßig kaum vom Pferd unterschieden, jedoch sind Maschinenschäden im Durchschnitt größer und tiefergehend. Als Schadensursache tritt vor allem die Last auf, dagegen fällt die Maschine als Schadensursache weniger ins Gewicht. Die Schäden durch fallende Längen während der Saftzeit werden als zu zahlreich, zu groß und zu

tiefgreifend bezeichnet, um das Arbeitsverfahren generell anwenden zu können. Höfle bezeichnet das Aufnahmeverfahren und die gewonnenen ersten Ergebnisse selbst als Anregung zu umfangreicheren Versuchsaufnahmen und zur weiteren Verfolgung der Schäden.

Für Untersuchungen in Buchen-Beständen wendet G. Backhaus (1971) ein dem Vorschlag von Höfle ähnliches Aufnahmeverfahren an. Auf die Ergebnisse der Schadensaufnahmen für Buche soll nicht näher eingegangen werden. Im wesentlichen sind zur quantitativen Seite dieselben Tendenzen wie bei Fichte zu erkennen. Unterschiedlich sind die möglicherweise entstehenden Folgeschäden zu beurteilen.

Speziell für das sogenannte »Goldberger-Verfahren« im Nadelschwachholz lieferte G. Pabst v. Ohain (1974) einen Beitrag zur Untersuchung der Rückeschäden. Das angewandte Aufnahmeverfahren erfaßt an Baumdaten den Brusthöhendurchmesser und die Kraft'sche Baumklasse, an Schadensdaten Exposition, Lage am Baum und Größe. Damit sind die methodischen Unterschiede zum Verfahren von Höfle gering. Für Sommerbringung wurden nach Zahl und Größe das Drei- bis Vierfache an Schäden der Winterarbeit gemessen. Das zu Fall bringen der Bäume durch den Schlepper hat zu einer gewissen Reduzierung der Schäden außerhalb der Saftzeit und zu einer Erhöhung der Schäden im Saft geführt. Aus den Ergebnissen wird gefolgert und empfohlen, das Rücken von Ganzbäumen aus schwachen Fichtenbeständen nicht in der Saftzeit durchzuführen.

In zahlreichen deutschsprachigen Veröffentlichungen zu waldbaulichen, ertragskundlichen und vor allem forsttechnischen Themen wird u. a. auch die Pfleglichkeit bestimmter Bestandesbehandlungsformen oder Holzernteverfahren angesprochen. Auf eine Nennung einzelner Beiträge wird hier verzichtet und auf das angeschlossene Literaturverzeichnis verwiesen. Die Ansprache der Pfleglichkeit erfolgt in diesen Veröffentlichungen meist recht pauschal nach dem optischen Eindruck von den Schäden. Nur teilweise wurde in einfachen Auszählungen eine zahlenmäßige Untermauerung des Eindrucks vorgenommen. Neue Ergebnisse zur Rückeschadensfrage sind aus diesen Beiträgen im allgemeinen nicht zu entnehmen.

3.3.2.2 Folgeschäden durch Wundfäulen

Auf die vergleichbaren Untersuchungen an Schälsschäden wurde bereits in Abschnitt 3.2 hingewiesen.

Allen nachfolgenden Beiträgen ist gemeinsam, daß die Wundfäule als Folgeschaden an alten Rückeschäden untersucht wurde. Die Gründe hierfür sind im Verzicht auf eine lange, direkte Beobachtungszeit zu sehen, da die Aufnahme neuer Schäden und ihre Verfolgung auf Wundfäule nur in mittel- und langfristigen Versuchsanstellungen möglich ist.

An umfangreichem Versuchsmaterial haben sich H. v. Pechmann/H. v. Aufsess (1971) sowie H. v. Pechmann/H. v. Aufsess/K. E. Rehfuess (1973) mit den Erregern von Stammfäulen in Fichtenbeständen verschiedener Standorte befaßt. Es wurden die drei Fäuletypen Rotfäule (Kernfäule), Wundfäule (nach Verletzungen) und sonstige Fäulen unterschieden und durch zahlreiche Abimpfungen insgesamt 48 verschiedene beteiligte Pilzarten bestimmt. Während *Fomes annosus* in den Kernfäulen dominierte, war es bei den Wundfäulen *Stereum sanguinolentum*. Die Autoren haben von der summarisch als Rotfäule bezeichneten Krankheit nur knapp die Hälfte der echten Kernfäule zugeschrieben, alle anderen Fäulen gehen auf Verletzungen der verschiedensten Art zurück. Die Anteile von Wund- und Kernfäule, damit auch die dominierenden Erreger, sind in den verschiedenen Versuchsflächen sehr unterschiedlich. Eine Reihe von Erregern erzeugen typische Schadensbilder im Baumquerschnitt, die eine Prognose auf die überwiegend vertretene Pilzart zulassen.

Auf die Aktualität des Wundfäule-Problems bei zunehmendem Maschineneinsatz in der Forstarbeit weisen L. Dimitri/G. Schumann (1975) hin. Die komplexen Zusammenhänge von Beschädigung, Widerstandskraft des Baumes, Aggressivität des Erregers und Umweltbedingungen machen die Klärung einzelner Einflüsse schwierig. Die wirtschaftliche Bedeutung der Wundfäulen erfordert Schutzmaßnahmen, entsprechende Versuche mit 18 verschiedenen Mitteln laufen. Die

verschiedenen Schutzmittel unterscheiden sich in ihrer Wirksamkeit auf die an Wundfäule-Infektionen beteiligten Pilze; Kreosol und eine Mittelkombination mit Xylamon haben vorläufig die beste Schutzwirkung gezeigt.

An 50- bis 80jährigen Fichtenbeständen der wichtigsten Wuchsgebiete Baden-Württembergs hat S. Schönhar (1975) ein beziehungsweise drei Jahre nach rückebedingten Beschädigungen Wundfäuleuntersuchungen vorgenommen. Nach einem Jahr waren 35 %, nach drei Jahren 63 % der beschädigten Bäume von Rotfäule befallen. Der mittlere Fäulefortschritt hat nach einem Jahr 8 cm, nach drei Jahren 54 cm betragen. Zwischen Fäulebefall und Wundgröße besteht ein Zusammenhang; während nach drei Jahren Schäden unter 300 qcm Größe zu 50 bis 60 % befallen waren, stieg das Fäuleprozent bei Schäden von über 300 qcm Größe auf über 80 %. Als häufigste Erreger wurden die Basidiomyceten *Stereum sanguinolentum* und *Stereum areolatum* bestimmt. Von den Nicht-Basidiomyceten waren *Nectria fuckeliana* und der Bläuepilz *Ceratocystis piceae* am stärksten vertreten. Ergänzende Untersuchungen mit Schutzmitteln wurden eingeleitet mit dem Ziel, neu verursachte Verletzungen durch einen Schutzanstrich vor Pilzinfektionen zu schützen.

H. Löffler (1975) hat den Wissensstand zur Ausbreitung der Wundfäule zusammengefaßt und außerordentlich positiv beurteilt. Die Schälsschadensuntersuchung von H. Weiss (1959) wurde dabei mit regressionsanalytischen Methoden neu ausgewertet. Löffler sieht als gesichert an, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit zunehmendem Wundalter (Zeit seit Schadenseintritt) stark abnimmt. Große Wunden und breite Jahrringe beschleunigen den Fäulefortschritt. Für zukünftige Untersuchungen werden baumbezogene Fragestellungen sowie eine Beobachtung von der Entstehung der Verletzung an empfohlen.

Eine ausführliche Untersuchung über die Einflüsse verschiedener Faktoren auf den Fäulefortschritt liegt für Finnland von A. Isomäki/T. Kallio (1974) vor. Danach ist der Fäulefortschritt je Jahr

- an Wurzelanläufen größer als an Wurzeln und Schaft,
- an der Nord- bis Ostseite des Baumes höher als im Süden und Westen,
- positiv korreliert mit der Wundgröße und der Tiefe der Verletzungen,
- am größten wenige Jahre nach Schadenseintritt,
- an Frühsommer-Schäden höher als an Winter-Schäden,
- positiv korreliert mit der Baumstärke und Wuchskraft des Baumes,
- gesteigert auf gedüngten und guten Standorten.

Die Abhängigkeit des Fäulefortschritts von der Wundgröße wird durch Ergebnisse von M. Kärkkäinen (1973) und H. Weiss (1959) an Schälsschäden bestätigt.

Nach P. O. Nilsson (1967), P. O. Nilsson/A. Hyppel (1969) führen Wurzelschäden in einem Abstand von 70 bis 100 cm vom Fällschnitt nur zu lokaler Fäulnis, jedoch in der Regel nicht zu wirtschaftlichen Verlusten durch Vordringen der Fäule in den Stammbereich. R. G. Pawsey/L. Stan-kovicova (1974) konnten zeigen, daß *Stereum sanguinolentum* unter günstigen Bedingungen bis zu 150 cm pro Jahr stammaufwärts wachsen kann.

Bei Bringungsschäden am Hang hat F. Zöhrer (1931) festgestellt, daß der Fäulefortschritt in den ersten Jahren nach Schadenseintritt am raschesten erfolgt, ab dem 10. Jahr nimmt der jährliche Fäulefortschritt wieder ab. H. Weiss (1959) und F. Zöhrer (1931) kommen zu dem Ergebnis, daß der Fäulefortschritt bei voll oder stark überwallten Wunden nur noch äußerst langsam erfolgt oder ganz zum Stillstand kommt. Zusammen mit E. Rohmeder (1937) wird die Ursache des verlangsamten Fäulefortschritts im fortgeschrittenen Wundalter bei größerer Wundentfernung, mangelnder Sauerstoffversorgung und veränderten Feuchtigkeitsverhältnissen gesucht. Analog zu den für den Zuwachs bekannten Bezeichnungen von IGZ (laufender Gesamtzuwachs) und dGZ (durchschnittlicher Gesamtzuwachs) benutzt H. Weiss (1959) in seinen Schälsschadensuntersuchungen die Begriffe »IGZ-Fäule« und »dGZ-Fäule«. Da der »IGZ-Fäule« bereits um das 5. Jahr kulminiert, erreicht auch der »dGZ-Fäule« sein Maximum zwischen dem 10. und 20. Jahr nach Schadenseintritt und sinkt danach laufend ab.

Die Literatursauswertung zusammenfassend kann festgestellt werden, daß für den Bereich der Wundfäulen nach Baumverletzungen zahlreiche Untersuchungen mit überwiegend übereinstimmenden Ergebnissen vorliegen. Dies ist vor allem der Tatsache zu danken, daß auch Schälschäden zu analogen Folgeschäden führen. Dagegen sind die Untersuchungsergebnisse zu Umfang, Charakter und Verteilung der Rückeschäden in Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen noch nicht sehr zahlreich. Teilweise muß das Fehlen von Untersuchungen auf die erst in den letzten beiden Jahrzehnten stärker veränderten Bringungsverfahren zurückgeführt werden.

4. Methodisches Vorgehen

Da die Versuchsziele auf verschiedenen Ebenen liegen,

- der Erfassung und Charakterisierung der Rückeschäden,
- der Auswertung von Wundfäulen als mögliche Folgeschäden,
- der Bewertung des wirtschaftlichen Schadens,

muß auch die Methodik diesen unterschiedlichen Zielsetzungen angepaßt werden. Dies gilt für alle Schritte des methodischen Vorgehens

- für die Materialsammlung,
- für die Aufnahme der verschiedenen Schadenstatbestände als Rückeschaden, Wundfäule oder wirtschaftlicher Schaden
- sowie für die rechnerische Auswertung.

4.1 Versuchsbestände

Die vorliegende Untersuchung ist durch eine breit angelegte **experimentelle Phase** gekennzeichnet, die für die Datenerhebung zu den verschiedenen Arbeitsschwerpunkten erforderlich war.

Unter den aufgezeigten Zielsetzungen der vorliegenden Untersuchung standen grundsätzlich zwei verschiedene Methoden der Datensammlung zur Diskussion:

- A Aufnahme und Auswertung möglichst zahlreicher praktischer oder zumindest praxisnaher Rückevorgänge, wobei die damit verbundene Variation der Standorts-, Bestandes- und Rückebedingungen bewußt in Kauf genommen wird. Ziel ist die Erfassung eines in etwa repräsentativen Querschnitts über die Bringungsverhältnisse.
- B Auf die Zielsetzung der Untersuchung abgestimmte Versuchsanlage mit gezielter Variation der Bringungsverfahren, wobei durch Beschränkung auf einen oder wenige Versuchsorte Standorts- und Bestandesbedingungen weitgehend konstant gehalten werden. Auch in der Person des Rückers und in der Ausrüstung des Rückemittels liegende Unterschiede können dabei ausgeschaltet werden.

Allein aus methodischen Gründen wäre die Wahl des unter B skizzierten Weges wünschenswert, da die verschiedenen Einflüsse auf die Versuchsziele beschränkt werden könnten.

Aus zeitlichen und personellen Gründen war dieser »Neubeginn« nicht möglich. Seit 1969 waren durch die Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg verschiedene Rückeuntersuchungen mit anschließender Schadensaufnahme vorgenommen worden. Dieses wertvolle Material sollte auf alle Fälle in die Auswertung miteinbezogen werden, bestand doch damit erst die Möglichkeit, den Faktor Zeit zu fassen und einen vorläufigen Überblick über die auftretende Wundfäule zu erhalten. Trotz der damit verbundenen methodischen Mängel wurde deshalb Weg A für die Materialsammlung der experimentellen Phase gewählt. Paarweise Vergleiche verschiedener Rückeverfahren unter einheitlichen Bestandesbedingungen sind auch innerhalb der Methode A möglich und mehrfach durchgeführt worden.

Um den methodischen Mängeln in der Versuchsanstellung zu begegnen, war zunächst vorgese-

hen, Weg B in begrenztem Umfang zusätzlich zu begehen. Doch hat sich dieses Vorhaben aus zeitlichen Gründen als nicht durchführbar erwiesen.

Die nunmehr vorliegenden, umfangreichen Versuchsdaten wurden in drei Zeiträumen gewonnen:

November 1969 bis Februar 1971,
Mai bis Oktober 1973 sowie
Dezember 1975 bis März 1977.

Der Schwerpunkt der Aufnahmen lag eindeutig in der letzten Periode unter der Zielsetzung der vorliegenden Auswertungen. Über die ersten Schadensaufnahmen 1969 und 1970 sowie deren Auswertungen hat H. H. Höfle (1971) berichtet.

Die dem Versuchsmaterial zugrundeliegenden Bestände verteilen sich auf die Waldungen mehrerer Besitzarten in Baden-Württemberg, eindeutige Schwerpunkte liegen beim Staatswald verschiedener Forstämter sowie bei der Fürstlich Fürstenbergischen Forstverwaltung. Drei Bestände aus bayerischen Forstämtern wurden im Rahmen gemeinsamer holzerntetechnischer Fragestellungen in die Auswertung miteinbezogen.

Um die Vielfalt der Bestandes- und Rückebedingungen ausreichend zu repräsentieren, wurden keine Bestände gewählt, in denen die Schadensaufnahme alleiniges Versuchsziel darstellte. Die konkreten Anlässe zur Auswahl der Durchforstungsbestände gliedern sich in drei Gruppen:

- Bestände, in denen sowohl Einschlag als auch Bringung des Holzes in Zeitstudien durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg aufgenommen wurden. Die eingesetzten Rückemittel entsprachen überwiegend den ortsüblichen Verfahren.
- Bestände, in denen ausschließlich der Holzeinschlag in Zeitstudien beobachtet wurde. Die Bringung erfolgte außerhalb Versuchsbeobachtung unter ortsüblichen Bedingungen.
- Bestände, in denen sowohl Einschlag als auch Bringung ausschließlich nach ortsüblichen Verfahren organisiert und durchgeführt wurden. In einigen Beständen erfolgten Kostenaufschriebe durch die Forsttechnischen Stützpunkte.

In allen Beständen wurden als letzter Schritt der Durchforstungsmaßnahme die Ernte- und Rückeschäden am verbleibenden Bestand nach der noch zu beschreibenden Methode aufgenommen.

Zusammenfassend kann für das Versuchsmaterial unterstellt werden, daß die Bedingungen der forstlichen Praxis unverfälscht erfaßt wurden. Versuchsbedingte Eingriffe in Verfahren und Organisation der Bringung blieben auf Ausnahmen beschränkt. Der gewonnene Überblick umfaßt die derzeit im südwestdeutschen Raum verbreiteten Bringungsverfahren, wobei eine wirklichkeitsgetreue Aufnahmeverteilung entsprechend der Häufigkeit der verschiedenen Verfahren nicht beabsichtigt war. Die Ganzbaumbbringung wurde weit stärker in die Untersuchung miteinbezogen, als dies aus ihrer augenblicklichen Verbreitung allein zu begründen ist. In diesem Punkt wurde eine durch verschiedene Entwicklungen wahrscheinliche Zunahme der Ganzbaumbbringung mitberücksichtigt.

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Daten zur Herkunft des Versuchsmaterials nach Forstamt, Wuchsbezirk und geologischem Ausgangsmaterial zusammengefaßt. Über die Bezeichnung des Versuchskollektivs ist eine genauere Information über die jeweils angewandten Rückeverfahren und den aufgetretenen Schadensumfang möglich, wozu auf die ausführlichere Zusammenstellung in Anhang 1 verwiesen wird.

Das Versuchsmaterial setzt sich insgesamt aus **54 Versuchskollektiven** zusammen, deren Ausscheidungskriterien unterschiedliche Bestandesverhältnisse oder verschiedene Rückeverfahren waren. Unter breiter Streuung über die wichtigsten geologischen Formationen und Wuchsgebiete verteilen sich die Versuchsflächen auf insgesamt 24 verschiedene staatliche und private Forstbezirke (21 in Baden-Württemberg, 3 in Bayern).

Die Vielzahl der Gelände- und Standortverhältnisse machte für Schadensaufnahme und Auswertung Schwerpunktbildungen erforderlich. Einer dieser Schwerpunkte stellen entsprechend der Zielsetzung dieser Arbeit die **befahrbaren Lagen** dar, die mit 2/3 Flächenanteil im Staats-

wald Baden-Württemberg überwiegen. Für die gemeinsame Auswertung wurden deshalb zunächst die Versuchskollektive mit mehr als ca. 25 % Hangneigung ausgeschieden (lfd. Nr. 13 (teilweise), 14, 15, 16). Das bisher vorliegende Versuchsmaterial für Hanglagen ist noch nicht umfangreich genug, um ein zuverlässiges Bild über die Bringungsschäden am Hang zu vermitteln.

Soweit das Versuchsmaterial für einzelne Auswertungsschritte nach zusätzlichen Merkmalen stratifiziert wird, erfolgt ein entsprechender Hinweis im Rahmen der Ergebnisdarstellung.

Tabelle 1: Herkunft der Versuchsbestände nach Forstamt, Wuchsgebiet und geologischem Ausgangsmaterial. Die Kurzbezeichnung des Versuchskollektivs erleichtert den Eingang in die ausführlichere Zusammenstellung in Anhang 1.

Lfd. Nr.	Forstamt	Wuchsgebiet	Geologie	Versuchskollektiv (lt. Anhang 1)
1	Gräfl. Königseggwald	SWD. Alpenvorland	Jungmoräne	A 01, A 02
2	Staatl. Bad Schussenried	SWD. Alpenvorland	Altmoräne	B 01, B 02
3	Staatl. Königsbronn	Schwäb. Alb	Decklehme	C 01, C 02, C 03, C 04
4	Staatl. Donaueschingen	Baar – Wutach	Buntsandstein (OS)	D 01, D 02
5	Staatl. Blumberg	Baar – Wutach	Grundgestein (Granit)	D 11, D 12
6	Fürstl. Fürstenberg	Baar – Wutach	Muschelkalk	E 01, E 21
	Fürstl. Donaueschingen		Buntsandstein (MS)	E 11, E 12, E 22
			Buntsandstein (OS)	E 23, E 24
7	Fürstl. Fürstenberg	Schwarzwald	Grundgestein (Granit)	G 01
	Fürstl. Neustadt-Lenzkirch			
8	Fürstl. Fürstenberg	Schwäb. Alb	Jura (Weißj.)	F 01, F 02
	Fürstl. Immendingen	SWD. Alpenvorland	Altmoräne	F 11, F 12, F 21
9	Staatl. Schwarzach	Odenwald	Buntsandstein (OS)	H 01, H 02, H 03
10	Staatl. Pforzheim	Schwarzwald	Buntsandstein (MS)	I 012, I 02, I 03
11	Staatl. Pfalzgrafenweiler	Schwarzwald	Buntsandstein (OS)	K 01, K 03, K 11 K 12, K 13
12	Staatl. Karlsbad	Schwarzwald	Buntsandstein (MS)	L 01, L 02, L 03
13	Staatl. Schönau	Odenwald	Buntsandstein (MS)	M 01, M 02, M 03
14	Staatl. Oberkirch	Schwarzwald	Grundgestein (Granit)	N 01
15	Staatl. Ottenhöfen	Schwarzwald	Grundgestein (Gneis)	O 01
16	Staatl. Klosterreichenbach	Schwarzwald	Buntsandstein (MS)	P 01, P 02
17	Staatl. Murrhardt	Neckarland	Keuper	Q 01
18	Staatl. Schwäb. Hall	Neckarland	Keuper	R 01
19	Bayern Dinkelsbühl	Fränk. Stufenl.	Keuper	S 01
20	Bayern Feuchtwangen	Fränk. Stufenl.	Keuper	T 01
21	Bayern Rothenburg/T.	Fränk. Stufenl.	Keuper	U 01
22	Staatl. Ellwangen-West	Neckarland	Keuper (Stubensand)	V 01
23	Staatl. Heidenheim	Schwäb. Alb	Jura (Weißj.)	W 01
24	Staatl. Schrozberg	Neckarland	Keuper (Lettenk.)	X 01

Die Darstellung und Auswertung der Wundfäule stützt sich auf die drei ältesten der insgesamt 24 Versuchsflächen (lfd. Nr. 1 bis 3 der Tabelle 1), für die im speziellen Abschnitt 5.3.1 eine detaillierte Standorts- und Bestandesbeschreibung gegeben wird.

4.2 Die Erfassung der Rückeschäden

Die Bemühungen um eine Erfassung und Quantifizierung der Rückeverletzungen gehen in der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg bis 1969 zurück. Auf Initiative des Kantonalen und Städtischen Forstamts Schaffhausen in der Schweiz machten R. Grammel und Walter erste Vorschläge zur Untersuchung dieser Frage. In der Folge arbeitete H. H. Höfle ein detailliertes Verfahren zur Aufnahme von Fällungs- und Rückeschäden aus, das Grundlage der ersten praktischen Erhebungen durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg war. H. H. Höfle (1971) für Fichte und M. Khalisy/G. Oesten/G. Wölfe (1971) für Buche haben über die ersten Erfahrungen und Ergebnisse anhand konkreter Bestände berichtet (vgl. Abschnitt 3.3.2.1).

4.2.1 Aufnahmeverfahren 1969

Obwohl dieses Aufnahmeverfahren in den angeführten Veröffentlichungen bereits eine Darstellung gefunden hat, soll es nochmals kurz beschrieben werden, da es bis 1973 für alle Schadensaufnahmen durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg angewandt wurde. Damit basiert auch der kleinere Teil der Versuchsauswertungen vorliegender Arbeit auf dieser Aufnahmemethode, im folgenden als Methode 69 bezeichnet.

Zum Aufnahmeverfahren gehören vier Vordrucke, die als Anhang 2 aufgenommen wurden:

- Bestandeskarte
- Rückekarte
- Baumkarte
- Wund- (Entwicklungs)-Karte

In die **Bestandeskarte** werden die wichtigsten Daten für den Standort, den Bestand allgemein, den verbleibenden und den ausscheidenden Bestand sowie für die Erschließung des Bestandes aufgenommen.

Auf der **Rückekarte** sind die Bedingungen der Bringungsphase zu beschreiben, gegliedert in die beiden Abschnitte Vorliefern und Rücken. Die Angaben beziehen sich auf das ausgehaltene Sortiment, das eingesetzte Rückemittel und seine Ausrüstung, die Bringungstechnik im engeren Sinn sowie auf die Jahreszeit und Witterung bei der Bringung. Ergänzend sind Leistungszahlen zu Vorliefern und Rücken vorgesehen.

Mit dem beschädigten Baum befaßt sich die **Baumkarte**. Während bei kleinen Beständen eine Vollaufnahme aller beschädigten Bäume möglich ist, kommen für größere Flächen Repräsentativaufnahmen in Frage. Jeder beschädigte Baum wird durch Brusthöhendurchmesser, soziologische Stellung und Lage zum Erschließungsnetz charakterisiert. Zahl der Schäden und Schäden früherer Eingriffe sowie Entfernungsangaben zu den Zukunfts-Bäumen vervollständigen die schadbaumbezogenen Aufnahmen.

Die **Wundkarte**, die als Wundentwicklungskarte auch zur kombinierten Beobachtung der Schäden geeignet ist, beschreibt den Einzelschaden. Der Lokalisierung des Schadens und späteren Wiederauffindung dienen Lage am Baum und Exposition. Als Schadensmerkmale werden Ursache, Größe, Form, Art, Entfernung zu weiteren Schäden, die Witterung zur Zeit der Bringung und der Rindenzustand beschrieben. Der rechte Vordruckteil bleibt der Entwicklung des Schadens vorbehalten und sieht – da eine Auswertungsmethode zu diesem Zeitpunkt noch nicht festgelegt war – eine Reihe von Leerspalten vor.

Das Aufnahmeverfahren 69 mit den genannten Vordrucken hat sich insoweit bewährt, als außerordentlich viele Einzeldaten aufgenommen wurden. Viele Merkmale sind allerdings nur sehr subjektiv anzusprechen. Insoweit eignet sich das Verfahren als Instrument eines gut organisierten Versuchsteams mit klarer Aufnahmeanweisung. Für die breitere Praxis hat sich das Aufnahmeverfahren als zu detailliert, zu subjektiv und zu zeitaufwendig erwiesen. Ein entsprechender Versuch über das Forsttechnische Stützpunktnetz der Forstdirektion Tübingen führte deshalb nicht zum Erfolg (1970).

Das Aufnahmeverfahren 69 fand in ursprünglicher Form vor allem zwischen 1969 und 1973 Anwendung und hat aus dieser Zeit wertvolle Unterlagen über die ältesten Versuchsflächen geliefert. Bei den Aufnahmen 1973 wurde nochmals nach dem Verfahren 69 vorgegangen, gleichzeitig wurden während der praktischen Aufnahmen gezielt Erfahrungen für eine Vereinfachung der Methode gesammelt.

Die Aufnahme und Auswertung der Fäll- und Rückeschäden war bereits zu Beginn der Aufnahmen als langfristiges Forschungsprojekt konzipiert worden, so blieben auch die Fragen der weiteren Schadensbeobachtung und Auswertung der Folgeschäden sowie eine mögliche Bewertung der Schäden auf ihre wirtschaftliche Bedeutung zunächst einer späteren Festlegung vorbehalten.

Das im Laufe der Jahre gesammelte, umfangreiche Datenmaterial entzieht sich – von einer Auswertung einzelner Bestände abgesehen – der Möglichkeit manueller Auswertungen. Eine umfassende Analyse der Daten ist deshalb nur über das Hilfsmittel der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) möglich. Die ursprüngliche Vordruckgestaltung hat dieser Notwendigkeit zunächst nicht Rechnung getragen, denn es wurden keine direkt ablochbaren Belege verwendet. Mit dem Anfall weiterer Schadensdaten 1973 wurde es notwendig, das gesamte Material abzulochen. Sämtliche Daten wurden deshalb auf einen 80-Spalten-Ablochbeleg übertragen, der im Anhang 2 als Vordruck 5 des Aufnahmeverfahrens 69 angeschlossen ist.

4.2.2 Aufnahmeverfahren 1975

Mit dem Vorhaben, weitere Daten zu sammeln und anschließend im Rahmen der vorliegenden Arbeit auszuwerten, wurde 1975 ein vereinfachtes Verfahren zur Aufnahme der Rückeschäden – im folgenden Methode 75 genannt – erarbeitet. Dabei wurden selbstverständlich die bis dahin bei der Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg gesammelten Erfahrungen berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, daß die Aufnahme der Schäden integrierter Bestandteil von Rückeuntersuchungen sein sollte und weitere Aufnahmen aus der Praxis beizusteuern sind. Bei den Aufnahmedaten wurden vor allem jene Schadensmerkmale überprüft, die sich bei ihrer Ansprache als subjektiv erwiesen hatten.

Das Ergebnis dieser Überlegungen und praktischen Erprobungen bilden zwei neu gestaltete Vordrucke (Abbildungen 2 und 3) sowie eine Anweisung zur Aufnahme der Rückeschäden, die in Anhang 3 wiedergegeben ist.

Aufnahmebogen (Abbildung 2):

Der Aufnahmebogen ist gleichzeitig Ablochbeleg mit 80 Spalten, so daß eine nochmalige Übertragung der Daten künftig entfallen kann. Trotzdem wurde versucht, Vordruck und zu erhebende Daten praxisnah zu gestalten und insbesondere auf einen vertretbaren Aufnahmearbeit zu achten.

Der Vordruck enthält in der Kopfspalte alle zur Ausfüllung erforderlichen Schlüsselzahlen, so daß keine weiteren Hilfsblätter notwendig sind. Die Daten gliedern sich in

- **Allgemeine Angaben** zum Aufnahmeort und Bestand
- **Baumdaten**, die sich aus einer fortlaufenden Nummer für alle beschädigten Bäume, der soziologischen Stellung (Z-Baum beziehungsweise Nicht-Z-Baum), der Baumart, der Lage des Baumes zum Erschließungssystem und der Zahl der Einzelschäden je Baum zusammensetzen.
- **Schadensdaten**, wobei maximal sechs getrennte Einzelschäden je Baum vorgesehen sind. Als »Schaden« wird eine mindestens 10 qcm große Verletzung definiert, bei der der Holzkörper freiliegen muß. Ein Schaden wird von weiteren getrennt angesprochen, wenn er von einem mindestens 10 cm breiten gesunden Rindenstreifen umgeben ist. Weitere Schadensdaten sind die Lage am Baum, die maximale Länge und senkrecht dazu die maximale Breite sowie eine Ansprache zur Art der Beschädigung.

Aufnahmebogen Rückeschäden

Lage d. Schadens am Baum:

Baumart:

soz. Stellung:

$$\overline{F_i} = 1 \quad \text{Fo/Lä} = 4$$

Holzkörper freiliegen

nicht beschädigt

Holzkörner freiliegend

...körper per il meglio.

zusatzl. beschädigt
= 5

Allg. Angaben		Baumdaten										Schaden 1			Schaden 2			Schaden 3			Schaden 4			Schaden 5			Schaden 6																																																				
Forstamt	Bestand	Probefläche	Baum-Nr	soz. Stellung	Baumart	BHD (cm)	Entfernung z. Rückegasse (m)	Entfernung z. Seillinie (m)	Zahl d. Schäden	Lage am Baum	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	Art d. Schadens (cm)	Lage am Baum	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	Art d. Schadens (cm)	Lage am Baum	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	Art d. Schadens (cm)	Lage am Baum	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	Art d. Schadens (cm)	Lage am Baum	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	Art d. Schadens (cm)																																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	

Im einzelnen darf zur Ausfüllung des Vordrucks auf die Anweisung in Anhang 3 verwiesen werden. Der Vordruck enthält bei allen Datenblöcken Leerspalten, so daß sich zusätzliche Daten bei besonderen Versuchsanstellungen unterbringen lassen (z.B. Ursache des Schadens, Verharzung usw.).

Angaben zu Bestand und Bringung (Abbildung 3):

Der Vordruck enthält erläuternde Angaben

- zum Standort,
- zum Bestand und
- zur Bringung.

Darüber hinaus ist er geeignet, im Tabellenteil als Kurzauswertung des Aufnahmebogens zu dienen, vor allem in der Gegenüberstellung der beschädigten und unbeschädigten Bäume. Die erläuternden Angaben dieses Vordrucks sind besonders für eine zentrale Sammlung und Auswertung des Materials erforderlich. Zunächst ist eine Ablochung der Daten von Vordruck 2 nicht vorgesehen, doch können aus der Beschreibung von Bestand und Bringung »Verfahren« definiert und diese über eine Schlüsselzahl unmittelbar zu den Allgemeinen Angaben (Leerspalten) in Vordruck 1 übertragen und damit über EDV ausgewertet werden.

Bei der Vordruckgestaltung wurde versucht, dem Aufnehmenden klare Alternativen anzubieten, die lediglich angekreuzt werden müssen. Damit soll gleichzeitig die Subjektivität der Beschreibung vermindert und eine spätere Stratifizierung der Versuchsdaten erleichtert werden.

Um einen guten Überblick über die Rückeschäden typischer Rückeverfahren zu erhalten, werden zahlreiche Aufnahmen benötigt. Dieses Material kann mit vertretbarem Aufwand nur in Repräsentativaufnahmen gewonnen werden, wobei durchschnittliche Bestandesverhältnisse zu erfassen sind. Die besten Erfahrungen wurden mit 10 oder 20 m breiten Probestreifen gemacht, die von Rückegasse zu Rückegasse reichen. Damit ist sichergestellt, daß die gassennahen und -fernen Bestandesteile wirklichkeitsgetreu beteiligt sind. Im Sinne einer guten Repräsentation und zur besseren Übersichtlichkeit bei der Aufnahme sind zahlreiche schmale Probestreifen günstiger als wenige breite Streifen. Beim Einlegen der Probestreifen ist auch für den mittleren Abstand der Probestreifen von der Ausmündung der Rückegassen auf den Fahrweg ein bestandesgetreues Bild zu geben. Deshalb sind wegnah und wegferne Proben anteilig zu berücksichtigen, denn je näher ein Probestreifen am Fahrweg liegt, desto stärker ist die Fahrfrequenz auf der Erschließungslinie. Zu einer ausreichenden Repräsentation sollen 3 bis 4 Probestreifen je Bestand oder bei größeren Beständen 10 % Flächenanteil der Aufnahme nicht unterschritten werden.

Selbstverständlich kann die Repräsentativaufnahme auch mit Hilfe systematisch eingelegter Probekreise erfolgen. Doch bleibt bei dieser Probenahme zusätzlich die Lage des Probekreismittelpunktes zur Rückegasse aufzunehmen, da die Schadenshäufigkeit vermutlich von der Rückegassennähe abhängig ist.

Zur raschen Einmessung von Probestreifen hat sich nach Festlegung der Streifenbreite auf der Rückegasse (Länge des Streifens = Rückegassenabstand) das Einziehen einer gut sichtbaren Leine bewährt. Beim Wechsel zum nächsten Probestreifen kann die lose Leine einfach weitergezogen werden. Die eigentliche Schadensaufnahme erfolgt in der Regel in Zweimann-Arbeit, wobei der Protokollführer die vom Meßgehilfen abgerufenen Daten auf dem Vordruck festhält. Der Meßgehilfe muß jeden Baum aufsuchen, ihn okular allseitig auf Beschädigungen prüfen sowie den Brusthöhendurchmesser und bei beschädigten Bäumen die Entfernung zur Rückegasse ermitteln. Bei beschädigten Bäumen folgen die Schadensdaten der einzelnen Schäden. Unbeschädigte Bäume können mit ihrem Brusthöhendurchmesser am rechten Vordrucksrand untereinander aufgeführt und in der Summe später den beschädigten gegenübergestellt werden. Der Zeitaufwand für einen 30 × 10 m-Probestreifen für Einmessen und Schadensaufnahme beträgt bei ausreichender Übung, einem mittleren Schadensprozent von 20 bis 25 % der Baumzahl und Zweimann-Arbeit ca. 45 Minuten.

1. Standort	1.1 Land _____				1.4 Geologie/Boden _____					
	1.2 Forstamt _____				1.5 Bonität _____					
	1.3 Waldbesitz / Waldort _____				1.6 Hangneigung in % _____					

2. Bestand	2.1 Baumartenanteile _____				2.2 Alter _____				2.3 Hiebsfläche (ha) _____			
	2.4 Eingriffsart: mäß. Niederdurchf. ☐ starke Durchf. ☐ Durchf. Leitlinie 75 ☐				2.5 Massenanzahl/ha _____ Fm m.R./o.R.				2.6 Erschließung durch			
	2.7 Z-Bäume vor Rücken: markiert ☐ nicht markiert ☐				Rückegassen ☐ Abstand _____ m Breite _____ m				Maschinenwege ☐ _____ m _____ m			
					Seillinien ☐ _____ m _____ m							

3. Bringung	Probefl. Nr.		Größe (m)		Entf. z. Ausmündg.		aussch. Best.		Z-Bäume				sonst. bleib. Bestand							
	senkr. z. RG		parall. z. RG				Zahl BHD		unbeschädigt		beschädigt		%		unbeschädigt		beschädigt		%	
	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			
	7																			

3.1 Rücketermin _____				Holz in Saft ☐ außer Saft ☐			
3.2 Aufarbeitungszustand unentastet ☐ beim Rücken: entastet ☐ entrindet ☐				Kurzholz (1 + 2 m) _____ Fm m./o. R. Kranzläng. (3 – 7 m) _____ Fm m./o. R. fallende Längen _____ Fm m./o. R. Stammholz Kl. 1 – 6 _____ Fm m./o. R.			
3.3 Rückemittel: beim Vorliefern zur Rückegasse _____ PS beim Rücken zum Polterplatz _____ PS							
3.3.1 Seilwinde: Eintrommelwinde ☐ Doppeltrommelwinde ☐				3.3.2 Seileinlauf in Normalhöhe ☐ besonders hoch ☐			
3.4 Arbeitsverfahren: Zweimannarbeit ☐ 1 Mann ohne Funksteuerung ☐ 1 Mann mit Funksteuerung ☐				3.4.1 Vorliefern und Rücken dünnrötig ☐ dickrötig ☐			
3.4.2 Vorliefern: Neigung < 15% ☐ bergauf > 15% ☐ bergab > 15% ☐				3.4.3 Rücken: Neigung < 15% ☐ bergauf > 15% ☐ bergab > 15% ☐			
3.4.4 Poltern mit Frontschild ☐ hydr. Bergstütze ☐							
3.4.5 Vorliefern im Einzelzug ☐ Chokern ☐				3.4.6 Vorliefern + Rücken ohne Umhängen ☐ Vorliefern und Lastenbildung, Rücken getrennt ☐			
3.5 Rückeschlepper in Regie ☐ Unternehmer ☐ Waldarbeiter ☐				3.6 Verlohnung: Stücklohn (Fm - Satz) ☐ Prämienlohn ☐ Zeitlohn ☐			
3.7 Witterung beim Rücken: Boden tragfähig und trocken ☐ Boden tragfähig, jedoch naß ☐ Boden nicht tragfähig ☐				Frost ☐ Schnee ☐			

Abbildung 3: Angaben zu Bestand und Bringung (bei Aufnahme von Rücke- und Ernteschäden)

Ein Vergleich der Aufnahmeverfahren von 1969 und 1975 ergibt einige wesentliche Unterschiede. Das Verfahren 1975

- beschränkt sich auf 2 Vordrucke,
- wurde vereinfacht, um eine breitere Anwendung zu erzielen,
- verzichtet auf eine Reihe von Daten, die aufwendig und nur sehr subjektiv erhoben werden können,
- bedient sich eines direkt ablochbaren Aufnahmebelegs.

Beim Vergleich beider Verfahren soll nicht verkannt werden, daß die vereinfachte Aufnahme einen geringeren Informationsgehalt besitzt. Trotz der inzwischen stattgefundenen Weiterentwicklung bleibt es das Verdienst der Aufnahmemethode 69, die Rückeschäden überhaupt einer Erfassung und Objektivierung näher gebracht zu haben. Dabei war es sicher richtig, zunächst möglichst viele Daten zu erfassen, da nahezu alle Zusammenhänge und möglichen Einflüsse zunächst unbekannt waren. Die Überarbeitung der Aufnahmemethode und eine erste Auswertung haben dann folgerichtig zu einer Vereinfachung und Beschränkung auf das Wesentliche geführt.

4.3 Ermittlung der Folgeschäden

4.3.1 Aufnahme der Wundfäulen

Durch die Möglichkeit, die ältesten Schadensaufnahmen nach Folgeschäden auszuwerten, konnte der Faktor Zeit zwar insgesamt noch ungenügend, jedoch über den wichtigen Zeitraum von 5 bis 7 Jahren nach Schadenseintritt erfaßt werden.

Zum Zeitpunkt der ersten Schadensaufnahmen 1969–1971 waren auf den ausgewählten Flächen alle beschädigten Bäume durch Farbmarkierungen numeriert worden, so daß das Wiederfinden in der Regel keine Schwierigkeiten bereitete. Lediglich in der Königseggwalder Probe- fläche sind zwischenzeitlich durch Schneebruch eine größere Anzahl von Schadbäumen unkontrolliert entnommen worden. Auch die Einzelschäden je Baum konnten entsprechend dem Aufnahmevordruck aus ihrer fortlaufenden Numerierung wieder identifiziert werden. Vor Beginn der Feldauswertungen wurden entsprechend der Nummernfolge die auszuwertenden Bäume durch eine systematische Auswahl bestimmt (z. B. jeder zweite oder jeder dritte Baum). Die so bestimmten Bäume wurden zur weiteren Auswertung auf Folgeschäden entnommen.

Am liegenden Baum wurde an Querschnitten okular angesprochen, ob oder in welchem Umfang eine Wundfäule vorliegt. Die okulare Ansprache liefert nach einer Übungsphase brauchbare Ergebnisse. Wichtig ist besonders die Unterscheidung der Rotfäule von möglichen anderen Holzverfärbungen, die im Fäulevorfeld durch Zellreaktionen verbreitet auftreten.

Der erste Schnitt mit der Motorsäge wurde stets im Zentrum des äußerlich sichtbaren Rückeschadens geführt. Soweit Wundfäule festgestellt wurde, folgten weitere Querschnitte in jeweils 10 cm Abstand (Schussenried 5 cm Abstand), bis in Richtung Stamm und Wurzel die Fäule aufhörte. Die einzelnen Querschnitte wurden durch Baum- und Schadens-Nr. sowie durch Angabe der Lage zum Fällschnitt gekennzeichnet. Die in Säcke verpackten Stammscheiben wurden später witterungsunabhängig detaillierter ausgewertet. Bei gesunden Rückeschäden hat sich nach dem Schnitt im Schadenszentrum ein weiteres Aufsägen des Stammes erübrigt. Der stamm- und wurzelwärts gerichtete vertikale Fäulefortschritt wurde mit einer Genauigkeit von ± 5 cm ermittelt.

Für die in Feld- und Laborauswertung ermittelte Wundfäule wurde ein Aufnahmebogen (Anhang 4) entworfen. Im Bestand wurde für jeden Einzelschaden ein Vordruck angelegt, durch die allgemeinen Baum- und Schadensdaten gekennzeichnet und die vertikale Ausdehnung der Wundfäule vermerkt. Die Vervollständigung des Aufnahmebogens erfolgte in der nachfolgenden Auswertungsphase im Labor.

Die Wundfäuleauswertung wurde durch eine genaue Vermessung des Fäulebildes auf den Stammscheiben komplettiert. Es wurden erhoben

- die tangentielle und radiale Fäuleausdehnung,
- die Fläche der Wundfäule im Querschnitt (mittels Flächenzähler),
- die Zahl der von Fäule befallenen Jahrringe sowie die Zahl der gesunden Jahrringe zwischen Fäule und Rinde.

Durch Erhebung dieser Daten an allen Stammscheiben eines Faulstammes kann jederzeit ein räumliches Bild der Fäule rekonstruiert werden.

Über ein vergleichbares methodisches Vorgehen bei der Aufnahme der Wundfäulen haben H. v. Pechmann/H. v. Aufsess (1971), H. v. Pechmann/H. v. Aufsess/K. E. Rehfuess (1973) sowie S. Schönhar (1969, 1975) für Kernfäulen und Wundfäulen berichtet.

4.3.2 Abimpfung und Bestimmung der Erreger

Zur Bestimmung der an den Wundfäulen beteiligten Mikroorganismen wurden Abimpfungen vorgenommen. Die **Abimpfungen** und **Pilzbestimmungen** wurden innerhalb der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg von Herrn Dr. Schönhar und seinen Mitarbeitern im Rahmen des phytopathologischen Forschungsauftrages durchgeführt.

Die Bestimmung der Fäuleerreger erfolgte für jede aufgetretene Wundfäule sowie für jeden Einzelschaden getrennt, soweit je Baum mehrere Fäulen auftraten. Die entnommene Holzprobe entstammte jeweils der Stammscheibe in Höhe des Rückeschadens.

Bei der Abimpfung selbst wurden aus den gelieferten Holzproben im Labor an jeweils 4 bis 6 Stellen Holzspäne mit einem Hohleisen herausgeschnitten. Die unter keimfreien Bedingungen entnommenen Proben wurden auf Malzagarsubstrat in Reagenzgläser gegeben. Unter einer gleichbleibenden Raumtemperatur von ca. 20° C entwickelte sich in 2 bis 3 Wochen das Mycel der an der Fäule beteiligten Pilzarten. Nach dieser Zeit konnte die Bestimmung der Pilze auf ihre Artzugehörigkeit erfolgen. Mit einer Ausnahme gelang es, sämtliche holzerstörenden Basidiomyceten auf ihre Artzugehörigkeit zu bestimmen. Die Arbeitsweise wurde von S. Schönhar (1969, 1975) an eigenem Untersuchungsmaterial ausführlich beschrieben.

4.4 Bewertung des wirtschaftlichen Schadens

Da das Ausmaß der festgestellten Folgeschäden nach 5 bis 7 Jahren kein endgültiges Ergebnis darstellt und ein weiteres Wachstum der Wundfäule erwartet werden muß, wird die Bewertung des wirtschaftlichen Schadens nicht an konkreten Versuchsbäumen vorgenommen. Die Bewertung wird vielmehr als Modellkalkulation durchgeführt mit variierenden Faulholzlängen und verschiedenen Baumstärken.

Die gewählte Bewertungsmethode stützt sich auf ein für Fi/Ta-Rohschäfte entwickeltes **kombiniertes Vermessungs-, Sortier- und Bewertungsverfahren**. Nach dem Rohschaft-Merkblatt der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg sind **Rohschäfte** ohne Ausformung nach HKS-Sorten **bis zur Schaftverwertungsgrenze ausgehaltene Baumschäfte mit Rinde**. Zur Entwicklung, den Vorteilen und dem Aufarbeitungsverfahren aus der arbeitswirtschaftlichen Sicht haben u. a. G. Mahler (1971), R. Grammel (1973) und E. Wolf (1973) ausführlich Stellung genommen. Mit der Vermessung, Sortierung und Bewertung von Rohschäften hat sich insbesondere W. Schöpfer (1974, 1976, 1977) in der Literatur auseinandergesetzt. Nach Abschluß eines Tarifvertrags zur Rohschaftentlohnung ist das Verfahren seit März 1977 in Baden-Württemberg eingeführt.

Die Aufgliederung des Rohschafteins in die ideal im Schaft enthaltenen HKS-Sorten erfolgt nachträglich durch den Computer (W. Schöpfer 1976, 1977). Zur Herleitung eines Rohschaft-Marktpreises, der als hiebsspezifischer Paritätspreis zum sortenweisen Holzverkauf verstanden wird, sind schadhafte Stammfußstücke nach Länge und Güteklasse einzustufen, für das enthaltene Hauptsortiment ist die Güteklasse anzugeben. Stammteile im Gipfelbereich werden automatisch in Güteklasse C eingestuft, soweit sie mindestens 3 m lang sind und einen Mindestzopf von

14 cm ohne Rinde aufweisen. Ein verbleibendes Reststück wird ab einem Mindestvolumen von 0,01 Fm als Restholz ausgewiesen.

Als mathematisches Grundmodell baut das Sortierungsverfahren auf den Ausbauchungsreihen von H. Zimmerle (1947) für Fichte, E. Altherr (1963) für Tanne und E. Bolsinger (1956) für Douglasie mit ca. 180 standardisierten Schaftfunktionen auf. Dem mit den primären Meßdaten Länge, Mittendurchmesser und Zopfdurchmesser eingehängten konkreten Rohschaft wird durch das Rechenprogramm die bestangepaßte Schaftfunktion zugeordnet und der Schaft unter Berücksichtigung der HKS-Vorschriften sortimentiert. Zusätzlich wird die Güte des Hauptsortiments als Rohschaftgüte angegeben. Soweit Erdstücke faul sind, werden als weitere Meß- und Schätzdaten die Länge des qualitätsgeminderten Erdstammteils, die Güteklasse des Abschnitts und (für die Dauer eines Probelaufs) der Mittendurchmesser des faulen Abschnitts benötigt.

Die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens von Wundfäulen basiert auf einem neuartigen Bewertungsverfahren zur Beurteilung der Wertverluste durch Rotfäule der Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, das bisher unveröffentlicht ist und von Herrn Prof. Dr. Schöpfer zur Verfügung gestellt wurde. Der Wertanteil der einzelnen Sortimente eines Rohschatfes wird zunächst auf der Basis der Meßzahl 100 errechnet. In einer »Wertziffer« wird zum Ausdruck gebracht, welchen Anteil das einzelne Sortiment am Gesamtwert eines Rohschatfes hat. Das Arbeiten mit Wertziffern und Bestandessortimentafeln ist ausführlich in den Hilfstabellen für die Forsteinrichtung (Teil II, 1966) beschrieben.

Für die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens durch Wundfäulen werden insgesamt drei Größen variiert:

1. der Brusthöhendurchmesser des Rohschatfes,
2. die Formigkeit des Rohschatfes,
3. die Länge des rotfaulen Erdstammstückes.

Von einer zusätzlich möglichen Variation der Holzerlöse in absoluter Höhe beziehungsweise in ihrer Relation zwischen den verschiedenen im Rohschaft enthaltenen Sortimenten wird kein Gebrauch gemacht.

Die beschriebene Bewertungsmethode besitzt den großen Vorzug, daß sowohl **Qualitätsverluste** durch den C/D-Abschnitt als auch **Sortierungsverluste** durch veränderte Sortenmittendurchmesser und -längen gleichzeitig berücksichtigt werden. Darüber hinaus bestehen auf der Grundlage des Wertziffer-Gerüsts zahlreiche Variationsmöglichkeiten, die nur mit geringem zusätzlichem Rechenaufwand verbunden sind.

In das Bewertungsmodell eingegangen ist der Effekt, daß verschiedene Schafteinteilungen sich auf das nach der Mittenflächenformel (HKS) hergeleitete Volumen auswirken (E. Altherr 1963, M. Prodan 1965, W. Duffner 1974, W. Schöpfer 1976). Der gegenüber der wahren Masse erzielte »Volumengewinn« ist danach mit gut 4 % am größten, wenn ein Erdstammstück mit 10 % der Baumlänge abgetrennt und der restliche Schaftteil lang belassen wird. Den maximalen »Volumenverlust« mit ebenfalls gut 4 % bringt eine Aufteilung des Schaftes in zwei gleichlange Teilstücke. Diese in den Extremen angeführten Volumenveränderungen treten in geringerem Ausmaß bei jeder veränderten Schaftvermessung auf, sind im Bewertungsmodell enthalten und beeinflussen die fäulebedingten Wertsdifferenzen. Da dieselben Volumenverschiebungen jedoch auch in der Palette möglicher praktischer Rohschafteinteilungen enthalten sind, kann der meßtechnisch bedingte Wertunterschied durchaus in die Kalkulation und ihre Wertung miteinbezogen bleiben.

4.5. Rechnerische Auswertung

Die Methoden der mathematisch-statistischen Auswertung mußten der jeweiligen Auswertungsaufgabe angepaßt werden. Für die verschiedenen Untersuchungsziele dieser Arbeit bestanden deshalb unterschiedliche Schwerpunkte.

4.5.1 Ausmaß und Verteilung der Rückeschäden

Das umfangreiche Material der Schadensaufnahmen aus 54 Versuchsbeständen konnte nur über eine EDV-Anlage ausgewertet, damit überschaubar und der weiteren Interpretation zugänglich gemacht werden. Auf diesem Weg waren zahlreiche Sortier- und Gruppierungsschritte erforderlich. Als vorbereitende Arbeit war das Datenmaterial auf maschinenlesbare Datenträger, bei der vorliegenden Auswertung auf Lochkarten, zu übernehmen.

Die Auswertung selbst erfolgte mit dem Datenanalysesystem SPSS 6 auf der UNIVAC 1106-Rechenanlage der Universität Freiburg (SPSS = Statistical Package for the Social Sciences). Das Arbeiten mit dem System wurde von N. H. Nie/C. H. Hull/J. G. Jenkins/K. Steinbrenner/D. H. Bent (1976) beschrieben, in einer Kurzfassung zur Programmversion 6 von P. Beutel/H. Küffner/E. Röck/W. Schubö (1976) sowie in einer Arbeitsanweisung von M. Heisterkamp (1976) zusätzlich erläutert. Die laufende Beratung während der Auswertung wurde durch die Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg durchgeführt.

Folgende mathematisch-statistischen Auswertungen wurden für die einzelnen Bestandeskollektive sowie für das Gesamtmaterial durchgeführt:

- Mittelwertberechnung mit Standardabweichung und anderen statistischen Meßzahlen,
- Häufigkeitsverteilungen,
- Kreuztabellen mit zwei oder drei Variablen mit Chi-Quadrat-Test und anderen statistischen Meßzahlen,
- Regressionen des ersten und zweiten Grades,
- Varianz- und Kovarianzanalysen,
- Scattergramme.

Die Auswertung über EDV machte vielfältige Ordnungsschritte wie Zusammenfassung und Trennung von Kollektiven erst möglich.

Die aus der EDV-Auswertung gelieferten Rechenergebnisse und statistischen Meßzahlen bedürfen selbstverständlich der kausalanalytischen Deutung und Darstellung. Die weitere Verarbeitung der Computerergebnisse erfolgte mit Hilfe der elektronischen Tischrechenautomaten DIEHL-SIGMATONIC und COMPUCORP 445 STATISTICIAN. Ersterer wurde für die Berechnung linearer, letzterer für nichtlineare Zusammenhänge verwendet; beide Rechenautomaten liefern zu den Regressionen jeweils den Korrelationskoeffizienten.

Es wurde darauf verzichtet, die Ergebnisse des ersten Auswertungsschritts nach neuerlicher Übernahme auf maschinenlesbare Belege wiederum über EDV weiterzuverarbeiten. Die enge Verflechtung von kausalanalytischer Wertung und weiteren erforderlichen Rechengängen bei insgesamt überschaubarem Material waren entscheidend, daß die weitere Auswertung mit herkömmlichen Rechenhilfsmitteln erfolgte.

4.5.2 Folgeschäden

Die Auswertung der Folgeschäden erfolgte in zwei Abschnitten:

1. Auftreten bzw. Nichtauftreten von Wundfäulen 5 bis 7 Jahre nach Schadensverursachung
2. gegebenenfalls Ausmaß der Wundfäule

Für beide Fragestellungen interessierten die Faktoren, die auf die Fäulnisgefahr (Ziffer 1) beziehungsweise auf das Schadensausmaß (Ziffer 2) von Einfluß sind.

Die Auswertung nach der Wundfäulegefährdung erfolgte ausschließlich mit herkömmlichen Rechenhilfsmitteln. Nicht-lineare Zusammenhänge wurden mit dem elektronischen Tischrechenautomaten COMPUCORP 445 STATISTICIAN berechnet.

Dagegen wurden die komplexen Zusammenhänge des Fäulefortschritts über die EDV-Anlage ausgewertet. Dazu wurden sämtliche möglichen Einflußgrößen der Wundfäuleaufnahmen auf Lochkarten übernommen. Die Auswertung selbst wurde durch die Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg mittels Datenanalysesystem SPSS 6 vorgenommen.

Neben der Errechnung von Regressionen wurde vor allem eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Eine zunächst angestellte Auswertung mit herkömmlichen Rechenhilfsmitteln hatte zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. Es darf an dieser Stelle vorweggenommen werden, daß auch die Kovarianzanalyse dieses Ergebnis nicht wesentlich verbessern konnte. Unzureichender Materialumfang, große Streuungen der Einzelwerte bei komplexen Zusammenhängen führten zu außerordentlich hohen Varianzanteilen, die aus den aufgenommenen Versuchsdaten nicht erklärbar sind.

4.5.3 Wirtschaftlicher Schaden

Für die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens wurde Grundlagenmaterial der Abteilung Biometrie und Informatik verwendet, das auf umfangreichen Computer-Rechenschritten basiert (»computer-gestütztes Vermessungs- und Sortierungsverfahren« nach W. Schöpfer 1976, 1977).

Die weitere Aktualisierung dieser Grunddaten auf das derzeitige Holzerlösniveau erfolgte anschließend mit herkömmlichen Rechenhilfsmitteln.

Bei der Organisation der rechnerischen Auswertung wurde im Interesse einer zeitlich gestrafften Durchführung der Auswertungen versucht, eine ausgewogene Verteilung auf EDV-Rechenläufe und den Einsatz herkömmlicher Rechenhilfsmittel zu erreichen.

Soweit im Rahmen der Ergebnisdarstellung (Abschnitt 5) von Test-Ergebnissen und signifikanten Unterschieden berichtet wird, verbinden sich damit folgende Abstufungen und Irrtumswahrscheinlichkeiten:

stark signifikant (xxx) 0,001 Irrtumswahrscheinlichkeit

signifikant (xx) 0,01 Irrtumswahrscheinlichkeit

schwach signifikant (x) 0,05 Irrtumswahrscheinlichkeit

In Tabellendarstellungen wird für den jeweiligen Signifikanzgrad auch die angeführte Kennzeichnung verwendet.

5. Ergebnisse

Die Gliederung der Ergebnisdarstellung erfolgt ebenfalls nach den Untersuchungsschwerpunkten

- Verfahren zur Aufnahme der Bringungsschäden am verbleibenden Bestand,
- quantitative und qualitative Aspekte der Rückeschäden, ihre Verteilung über den Bestand,
- Umfang der Folgeschäden durch Wundfäulen einschließlich der Bestimmung der Erreger,
- Bedeutung der Rückeschäden durch eine Bewertung des wirtschaftlichen Schadens.

Soweit den einzelnen Ergebnissen nicht das gesamte Material zugrundeliegt, wird kurz auf die jeweilige Einschränkung hingewiesen.

Sämtliche Einzelergebnisse der Versuchsauswertungen können im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht dargestellt werden. Die erforderliche Übersichtlichkeit und gebotene räumliche Beschränkung zwingen zu einer Konzentration auf die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung im Sinne der Zielsetzung. Einsicht in die Gesamtheit des Materials sowie der Einzelergebnisse kann bei der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, genommen werden.

5.1 Methode zur Aufnahme von Rückeschäden

Obwohl das Verfahren zur Erfassung der Rückeschäden in Abschnitt 4.2 über das methodische Vorgehen bereits ausführlich dargestellt wurde, wird das erarbeitete Aufnahmeverfahren gleichzeitig als ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchung angesehen. Dies gilt vor allem für eine brei-

tere Anwendung der Schadensaufnahme in der forstlichen Praxis, wo die Meßbarkeit und objektive Erfassung von Rückeschäden bisher nur vereinzelt und nach sehr verschiedenen Kriterien Eingang gefunden hatte.

Das vorgestellte Aufnahmeverfahren erhebt den Anspruch, mit einem vertretbaren Arbeitsaufwand anwendbar zu sein und trotzdem die wesentlichen, objektiv faßbaren Faktoren zu beinhalten. Insoweit sind zwei wichtige Voraussetzungen gegeben, um eine Anwendung für gezielte Fragestellungen, z. B. der Vergleich zweier Rückeverfahren, zu sichern. Damit könnte zukünftig der Vergleich verschiedener Arbeitsverfahren der Holzernte und Bringung aus der pauschalen Beurteilung »pfleglich« beziehungsweise »unpfleglich« zu konkreter Angabe des Schadensumfangs präzisiert werden.

Auf die Methode der Erfassung soll an dieser Stelle nicht mehr eingegangen werden; auf die ausführliche Beschreibung in Abschnitt 4.2.2 mit den Aufnahmevordrucken der Abbildungen 1 und 2 sowie der Aufnahmeanweisung in Anhang 3 darf verwiesen werden.

5.2 Ausmaß, Verteilung und Charakter der Rückeschäden

In diesem Abschnitt werden alle quantitativen und qualitativen Aspekte zur Verursachung, Ausmaß und Verteilung sowie zur Verletzungsart bei Rückeschäden behandelt, die sich aus den Untersuchungsdaten entnehmen lassen. Auf mögliche Folgeschäden durch Wundfäule wird im folgenden Abschnitt 5.3 einzugehen sein.

5.2.1 Verdichtung der Versuchsdaten

Ausgehend vom Gesamtumfang aller Rückeschadensaufnahmen wird in Tabelle 2 dargestellt, wie das Versuchsmaterial in zwei Schritten verdichtet wurde.

1. Schritt: Ausscheidung von Bestandeskollektiven mit besonderen Verhältnissen (z. B. bei Bestand, Erschließung oder Bringungsverfahren)

Ausgeschieden wurden im ersten Schritt:

4 Bestände: Igland-Hebeschleifzug am Hang

2 Bestände: Kurzholz am Hang

1 Bestand: Radiotir-Kleinseilwinde

1 Bestand: Ganzbäume mit Pferd

1 Bestand: extrem schlechte Organisation von Fällrichtung und Erschließung

Wurden die ersten sechs Bestände aus Gründen der Hanglage ausgeschieden, so genügen nur je ein Bestand mit dem Einsatz der Radiotir-Kleinseilwinde beziehungsweise mit Ganzbaumbringung durch Pferd nicht, um ein Verfahren zu repräsentieren.

2. Schritt: Ausscheiden von »Kleinschäden« mit Schadensgrößen von weniger als 10 qcm sowie Schäden, bei denen die Rinde noch anhaftet und der Holzkörper nicht freiliegt.

Der zweite Schritt diente vor allem der Auswertungsvereinfachung und entspricht den Anforderungen an eine praxisnahe Aufnahme. Das Ergebnis der Wundfäuleauswertung, bei der die sogenannten Kleinschäden miterfaßt werden, rechtfertigt diese Vereinfachung.

Durch den Wegfall der »Kleinschäden« ist das Material um insgesamt 154 Schadbäume oder 940 Einzelverletzungen (das sind 37 % der verbleibenden 2566 Schäden) verringert worden. Der im neudefinierten Schadensbegriff geforderte »freiliegende Holzkörper« führte zum Wegfall weiterer 302 Schadbäume und 764 Einzelschäden (das sind 30 % der verbleibenden 2566 Schäden).

Das nach den beiden Schritten verbliebene Versuchsmaterial umfaßt noch 45 Bestände beziehungsweise Bringungsverfahren auf 8,2 ha Aufnahmefläche. Von 9414 auf Rückeschäden untersuchten Bäumen erwiesen sich 1741 Bäume als beschädigt mit insgesamt 2566 Einzelverletzungen.

Tabelle 2: Gesamter Versuchsumfang und schrittweise Einengung auf die ausgewerteten Versuchsdaten im Sinne der Zielsetzung

Versuchsdaten	Bestände/ Verfahren	Zahl der Probeflächen	Probeflächen in qm	Zahl der Bäume insgesamt untersucht	beschädigt	Zahl der Einzelschäden	Erläuterung der Schritte
Schadensaufnahmen insgesamt	54	123	92675	10225	2488	4751	ausgeschiedene Kollektive: 4 Igländ-Hebeschleifzug 2 Kurzholz / Hang 1 Radiotir 1 Ganzbaum / Pferd 1 Ausreißer Schlagordnung
Stratifizierung des Materials in Ver- fahrensgruppen	45	91	81800	9414	2197 (2043)	4273	Ausschluß von Kleinschäden < 10 qcm
						(3330)	Ausschluß der Schäden mit anlieg. Rinde
Versuchsauswertung im engeren Sinn	45	91	81800	9414	1741	2566	Neudefinition des Schadensbegriffs

5.2.2 Das Schadensprozent und seine Beeinflussung

Mit dem **Schadensprozent** wird eine kurze Kennziffer eingeführt, die eine klare Aussage zum Ausmaß der Rückeschäden eines Bestandes macht.

Das **Schadensprozent** gibt in einer relativen Zahl den **Anteil der Bäume des verbleibenden Bestandes** an, der **in einer Durchforstung beschädigt** wurde. Der einzelne Baum kann dabei eine oder mehrere Verletzungen erlitten haben. Dem Schadensprozent liegt der Schadensbegriff zugrunde, wie er in Abschnitt 4.2.2 definiert wurde; Verletzungen unter 10 qcm Größe und ohne freiliegenden Holzkörper sind somit in das Schadensprozent nicht eingegangen.

5.2.2.1 Mögliche Kennziffern zur Charakterisierung des Schadensausmaßes

Neben dem bereits eingeführten Begriff des Schadensprozents gibt es weitere Möglichkeiten zur Herleitung einer Kennzahl, die den Schadensumfang eines Bestandes charakterisiert.

Durch die Verbindung mit der Eingriffsstärke erscheint vor allem der Begriff »Schadbäume je Eingriff« interessant. Darunter wird die Zahl der beschädigten Bäume des verbleibenden Bestandes verstanden, die auf die Entnahme eines Baumes in einer Durchforstung entfällt.

Beide Kennzahlen – sowohl »Schadensprozent« als auch »Schadbäume je Eingriff« – beinhalten eine Aussage zur Zahl der beschädigten Bäume und nicht zu den einzelnen Beschädigungen, von denen auch mehrere je Baum auftreten können. Beide Kennzahlen lassen sich sowohl auf den gesamten verbleibenden Bestand oder auch nur auf die Zukunfts-Bäume beziehen.

Im übrigen besteht zwischen den beiden diskutierten Kennzahlen eine enge Korrelation, wie aus den Versuchsdaten von 41 Beständen in Abbildung 4 gezeigt werden kann. Da bei der Größe »Schadbäume je Eingriff« die Durchforstungsstärke eingegangen ist, wurden in die Herleitung der Beziehung vier Bestände nicht einbezogen, die nach der sogenannten »Durchforstungsleitlinie 1975« der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (P. Abetz 1975, Merkblatt der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 1975) behandelt wurden. Die errechnete Beziehung gilt also nur für herkömmlich behandelte Bestände mit mäßiger bis starker Durchforstung. Die Beziehung hat Gültigkeit für alle untersuchten Rückeverfahren und Holzlängen und ist damit weitgehend unabhängig vom absoluten Ausmaß der Rückeschäden.

Bei Abwägung der Vor- und Nachteile beider Kenngrößen fiel die Entscheidung zugunsten des »**Schadensprozents**«, weil der Begriff

- eine gut vorstellbare Größe beinhaltet,
- auch für Zukunfts-Bäume eine gute Kennziffer liefert,
- zur Herleitung nicht die Baumzahl des ausscheidenden Bestandes benötigt.

In Ergänzung des Schadensprozents vermag die **Schadensgröße in qcm** einen guten Eindruck vom Schadensumfang zu vermitteln. Die Schadensgröße gibt die flächenhafte Ausdehnung der einzelnen Wunde an und kann aus den gemessenen Schadensdaten Länge und Breite hergeleitet werden. Aus den Meßdaten maximale Länge und maximale Breite errechnet sich jedoch als Rechtecksfläche eine zu große Wundfläche. Zur Korrektur kommen in Frage

Rechtecksfläche × Reduktionsfaktor
Flächenermittlung nach der Ellipsenformel

$$F = \frac{\text{Länge}}{2} \times \frac{\text{Breite}}{2} \times \pi$$

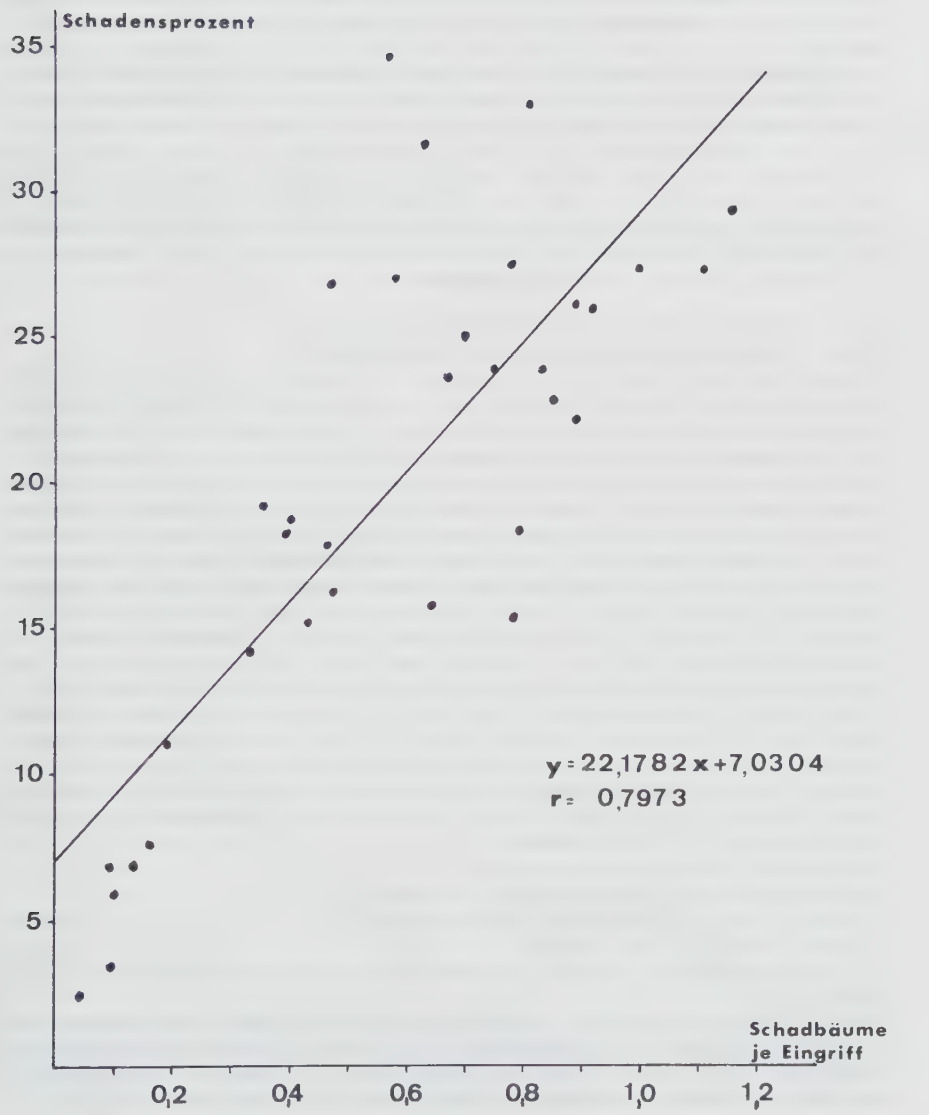
Nach orientierenden Vergleichsmessungen wurde die erstere Berechnung gewählt und die Fläche aus gemessener Länge und Breite mit 0,8 reduziert.

Im Gegensatz zum Schadensprozent, das eine baumbezogene Größe darstellt, bezieht sich die Schadensgröße auf die einzelne Verletzung. Bindeglied zwischen beiden Kenngrößen ist deshalb die **Zahl der Verletzungen je Baum**.

Bezogen auf ganze Bestände bilden

- Schadensprozent,

Abbildung 4: Beziehung zwischen den Kenngrößen »Schadensprozent« und »Schadbäume je Eingriff«



- mittlere Schadensgröße und
- Zahl der Schäden je Baum

die grundlegenden Kennziffern der Ergebnisdarstellung. In der Veränderung dieser Kennziffern wird der variierende Einfluß verschiedener Faktoren gemessen.

Von den vergleichbaren Rückeschadensuntersuchungen haben H. H. Höfle (1971) und M. Khalisy/G. Oesten/G. Wölflle (1971) ebenfalls die Zahl der beschädigten Bäume zur Gesamtbaumzahl nach der Durchforstung ins Verhältnis gesetzt, ohne daraus eine spezielle Kennziffer für das Schadensausmaß herzuleiten. G. Pabst v. Ohain (1974) benützt gleichfalls den Begriff des Schadensprozents und charakterisiert damit die von bestimmten Rückeverfahren ausgehende Gefährdung.

Mit der Relation aus beschädigten Bäumen zur Gesamtbaumzahl argumentieren auch S. Hannelius/M. Lillandt (1970). J. Fries (1974) wird den skandinavischen Bringungsmethoden mit lasttragenden Schleppern und den entlang der Rückegasse konzentrierten Schäden gerecht, indem er die Zahl der beschädigten Bäume je 100 lfm Rückegasse angibt.

Die Wundgröße wird von allen Autoren als wesentliches Merkmal zur Schadenskennzeichnung verwendet. Teilweise bleiben Art und Weise der Größenherleitung ohne zusätzliche Erläuterung. M. Kärkkäinen (1973) beziffert die tatsächliche Wundgröße auf 70 bis 80 % der aus gemessener Länge und Breite hergeleiteten Fläche. M. Khalisy/G. Oesten/G. Wölflle (1971) verwenden zur Berechnung der Schadensgröße die Ellipsenformel.

5.2.2.2 Arbeitsverfahren und Holzhaushaltung

5.2.2.2.1 Untersuchte Bringungsverfahren und Holzlänge

Im Rahmen der Problemanalyse waren in Abschnitt 2.1.1 mit dem Bringungsverfahren, dem Aushaltungszustand des Holzes, der Jahreszeit und dem Bestand diejenigen Faktoren herausgearbeitet worden, die das Schadensausmaß vermutlich am stärksten beeinflussen. Auch die Möglichkeit der weiteren Aufgliederung dieser Faktoren in Einzeleinflüsse wurde bereits aufgezeigt.

Die Methodik der Versuchsanlage und Datenerhebung verbietet, den Weg der Untersuchung von Detailinflüssen zu begehen. Umgekehrt erscheint es sogar sinnvoll, eine weitere Zusammenfassung einzelner Einflüsse vorzunehmen, lassen sich doch Bringungsverfahren und Holzhaushaltung nicht voneinander trennen. Im weiteren Sinn als »Arbeitsverfahren« kann deshalb die **Kombination aus Bringungsverfahren und Aufarbeitungsform des Holzes zum Zeitpunkt der Bringung** verstanden werden. Die enge Verknüpfung sei an den untersuchten Arbeitsverfahren erläutert: So gestattet z. B. die Kurzaushaltung des Holzes das Vorliefern von Hand, während bei Langaushaltung die Zugkräfte von Schlepper oder Pferd erforderlich werden; dies gilt in verstärktem Umfang für die Ganzbaumbringung, bei der auch das Pferd in der Regel ausscheidet.

Im Rahmen der Problemstellung war in Abschnitt 2.2.1 das Bringungsverfahren beschrieben worden, das, als für mitteleuropäische Verhältnisse typisch, den Untersuchungen zugrundeliegt. Einheitlich mit Schlepper erfolgt danach die Phase des Rückens von der Rückegasse zum Verkaufspolter. Entsprechend dem Aufarbeitungszustand zum Zeitpunkt der Bringung variiert dagegen das Vorliefern. Aus dem Zusammenspiel von Vorliefern und Holzausformung werden folgende **Arbeitsverfahren unterschieden**:

1. Ganzbäume, mit Schlepperseil vorgeliefert
2. fallende Längen, mit Schlepperseil dicktörtig vorgeliefert
3. fallende Längen, mit Schlepperseil dünnörtig vorgeliefert
4. fallende Längen, mit Pferd vorgeliefert
5. Kurzholz und Kranlängen, von Hand vorgeliefert (auch als »Kurzholzverfahren« zusammengefaßt)

Einige weitere Arbeitsverfahren (z. B. Ganzbäume, durch Pferd vorgeliefert oder fallende Längen, durch Radiotir vorgeliefert) sind jeweils nur durch einen Versuchsbestand repräsentiert und wurden deshalb aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen (vgl. Abschnitt 5.2.1). Gleichzeitig kommt diesen Verfahren zumindest derzeit keine allzu große praktische Bedeutung zu.

Für die Bringungsverfahren 1 bis 3 entspricht das Vorliefermittel dem Rückemittel, die Bringung erfolgt in der Regel ohne Zwischenlagerung des Holzes durch unmittelbares Ineingreifen von Vorliefern und Rücken. Für die Verfahren 4 und 5 dagegen wechselt das Bringungsmittel von Pferd zu Schlepper beziehungsweise Mann zu Schlepper. Der Bringungsvorgang ist unterbrochen und beide Phasen werden überwiegend zeitlich und organisatorisch unabhängig voneinander durchgeführt. Die Unterbrechung der Bringung wird gleichzeitig zur Lastenvorbildung an der Rückegasse genutzt, damit die anschließende Schlepperrückung rationeller erfolgen kann. Entsprechend den beiden Bringungsphasen Vorliefern und Rücken gliedern sich auch die Schäden auf diese beiden Bringungsphasen. Während die Vorliefererschäden entsprechend dem last-sammelnden Charakter des Vorlieferns auf die Bestandesfläche verteilt liegen, konzentrieren sich die Schäden der Schlepperrückung an der Rückegasse. Beide Schadensetappen entziehen sich bei nachträglicher Aufnahme einer objektiven Zuordnung auf die beiden Phasen und werden deshalb nicht getrennt behandelt, sondern unter der eingeführten Sammelbezeichnung Rückeschäden zusammengefaßt.

5.2.2.2.2 Auswirkung auf das Schadensprozent

In diesem Abschnitt wird zunächst der **Einfluß des Arbeitsverfahrens auf das Schadensprozent** dargestellt. Tabelle 3 zeigt die wesentlichen Ergebnisse und gibt darüber hinaus an, wie stark die einzelnen Verfahren durch Versuchsmaterial belegt sind.

Tabelle 3: Schadensprozent in Abhängigkeit von den angewandten Arbeitsverfahren und von der Jahreszeit der Bringung

Arbeitsverfahren		Bringung im Saft		Bringung außer Saft	
Holzausformung b. Vorliefern	Vorliefermittel	Zahl der Bestände untersuchte Bäume Standardabweichg.	Schadensprozent	Zahl der Bestände untersuchte Bäume Standardabweichg.	Schadensprozent
Ganzbaum	Schlepper	4 1268 5,3	25,4	9 1674 4,8	25,2
fallende Länge	Schlepper (dickörtig)	7 1082 4,5	23,1	7 830 7,2	21,2
fallende Länge	Schlepper (dünnörtig)	— — —	—	3 255 3,6	10,7
fallende Länge	Pferd	1 108 —	22,2	3 2225 11,7	17,7
Kurzholz Kranlänge	von Hand	7 555 2,7	3,4	3 751 2,9	5,6

In Tabelle 3 ist im Vorgriff auf Abschnitt 5.2.2.3 die jahreszeitliche Gliederung in Saftzeit und Saftruhe bereits einbezogen, da es nicht sinnvoll schien, zunächst eine ganzjährige Zusammenfassung vorzunehmen, um im zweiten Auswertungsschritt dann aufzugliedern.

Zwischen den Schadensprozenten der verschiedenen Arbeitsverfahren und Jahreszeiten wurden Signifikanz-Tests durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 4 zusammengefaßt sind.

Die Schadensprozente der untersuchten Arbeitsverfahren lassen sich – unbeachtet der Differenzierung durch die Jahreszeit der Bringung – in verschiedene Gefährdungsebenen anordnen.

Die **Ganzbaumbbringung** – also die Bringung der Bäume im beasteten Zustand, gleichgültig ob bei der Verwertungsgrenze gezipft oder ungezipft – führt zum höchsten Schadensprozent der untersuchten Arbeitsverfahren. Eine Reihe von zukunftsweisenden Holzernteverfahren geht von der Ganzbaumbbringung aus, gleichwohl ist ihr derzeitiger Anteil insgesamt noch gering und nur in einigen Beispielen des Großprivatwaldes stärker vertreten. Ganzbaumbbringung kommt in Frage:

- für die Belieferung zentraler Aufarbeitungsplätze oder Holzhöfe, die neben der Entrindung auch die mechanische Entastung vorsehen,
- für die weitere Aufarbeitung des Holzes durch Processoren oder mobile Erntemaschinen auf dem Fahrweg,
- für die weitere Aufarbeitung des Holzes durch Processoren auf Rückegassen in befahrbarem Gelände, soweit die Arbeitsrichtung der Maschine in Gassenrichtung liegt.

Bei quer zur Rückegasse arbeitenden Processoren muß das Holz nur an die Gasse »gestellt« werden, das Schwenken in Gassenrichtung entfällt. Das letztere Arbeitsverfahren liegt den Versuchsaufnahmen in keinem Fall zugrunde.

Das am Beispiel der Ganzbaumbbringung ermittelte Schadensprozent 25 bedeutet, daß in einer einzigen Durchforstung 25 % der verbleibenden Bäume beziehungsweise jeder vierte Baum beschädigt werden.

Die Bringung von **fallenden Längen** mit Schlepper bei **dickörtigem** Anhängen des Holzes führt zu einem Schadensprozent von 21 bis 23 und liegt damit überraschend wenig unter der Ganzbaumbbringung. Diesem Verfahren kommt gegenwärtig und zukünftig eine große Bedeutung zu. Gleichzeitig ist dieses Verfahren auch identisch mit der schon bisher geübten Langaushaltung von schwachem Stammholz, von Stangen oder Grubenholz. Die ermittelte Differenz im Schadensprozent zur Ganzbaumbbringung erweist sich außerhalb der Vegetationszeit und bei ganzjähriger Zusammenfassung nur als schwach signifikant (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit). Innerhalb der Vegetationszeit ergibt sich aus dem Versuchsmaterial ein noch geringerer Unterschied, der nicht signifikant ist.

Die beiden Arbeitsverfahren Bringung von Ganzbäumen und von fallenden Längen waren in den Untervarianten in und außer Saft jeweils gut durch Versuchsbestände und insbesondere mit untersuchten Einzelbäumen belegt. Bei den restlichen Arbeitsverfahren ist dies nur teilweise und in unterschiedlichem Maß der Fall.

Eine Halbierung des Schadensprozents beziehungsweise eine noch stärkere Absenkung wird erreicht, wenn **fallende Längen dünnörtig**, anstatt wie verbreitet dickörtig, angehängt werden. Dieser Effekt läßt sich auf zwei Ursachen zurückführen:

1. Die Vorlieferentfernung wird beim dünnörtigen Vorliefern des Holzes um etwa die Baumlänge reduziert, da die Fällung in einem spitzen Winkel zur Rückegasse hin erfolgt.
2. Der dünne und leichte Gipfteil des Schaftes wird beim Beiziehen und insbesondere bei hohem Seileinlauf des Schleppers vom Boden abgehoben, damit werden flachstreichende Wurzeln und Stammfüße geschont. Daneben erweist sich der dünnörtig angehängte Baum als flexibler; soweit er auf Hindernisse trifft, erfolgt seine seitliche Abweisung.

Das Schadensprozent bei dünnörtigem Vorliefern nähert sich dem der Kurzholz- und Kranlängen-Aushaltung mit Vorliefern von Hand. Gegenüber diesen Verfahren ergibt sich auch mathematisch-statistisch eine schwächere Signifikanz (schwach signifikant). Mit den Kurzholzverfahren

Tabelle 4: Ergebnis der Signifikanz-Tests zum Schadensprozent verschiedener Bringungsverfahren und wechselnder Jahreszeiten

Arbeitsverfahren	Jahres-zeit	Ganzbaum/ Schlepper			fallende Länge/ Schlepper/ dickrötig			fall. Länge/ Schlepper/ dünnrötig			fallende Länge/ Pferd			Kurzholz: Kranlänge/ von Hand		
		Saft	außer Saft	ganz- jährig	Saft	außer Saft	ganz- jährig	außer Saft	Saft	ganz- jährig	Saft	außer Saft	ganz- jährig	Saft	außer Saft	ganz- jährig
Ganzbaum/ Schlepper	Saft		0	0	0	X	X	XXX	0	XXX	0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	außer Saft	0		0	0	X	X	XXX	0	XXX	0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	ganzjährig	0	0		0	X	X	XXX	0	XXX	0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
fallende Länge/ Schlepper/ dickrötig	Saft	0	0	0		0	0	XXX	0	XXX	0	XXX	XX	XXX	XXX	XXX
	außer Saft	X	X	X	0		0	XXX	0	XXX	0	X	0	XXX	XXX	XXX
	ganzjährig	X	X	X	0	0		XXX	0	XXX	0	XXX	XX	XXX	XXX	XXX
fallende Länge/ Schlepper/ dünnrötig	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX		XX		XX	XX	XXX	X	X	XX
	Saft	0	0	0	0	0	0	XX			0	0	0	XXX	XXX	XXX
	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	X	XXX	XX	0		0		0	XXX	XXX	XXX
fallende Länge/ Pferd	ganzjährig	XXX	XXX	XXX	XXX	0	XX	XXX	0	0	0	0		XXX	XXX	XXX
	Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X	0		0			XXX	XXX	XXX
	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0	0	0	0		XXX	XXX	XXX
Kurzholz, Kranlänge/ von Hand	ganzjährig	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X	XXX	XXX	0	XXX	XXX	0	0	0
	Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0
	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0
Kurzholz, Kranlänge/ von Hand	ganzjährig	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0	0	
	Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0
	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0
Kurzholz, Kranlänge/ von Hand	ganzjährig	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0	0	
	Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0
	außer Saft	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0		0

Irrtumswahrscheinlichkeit

5 % X

1 % XX

1 % XXX

> 5 % 0

signifikant

nicht signifikant

ren hat das dünnröttige Vorliefern von fallenden Längen auch gemeinsam, daß die Fällung zur Rückegasse hin erfolgt und damit die Vorlieferdistanz kürzer wird. Demgegenüber unterscheidet sich dünnröttiges Vorliefern von dickröttigem und gegenüber dem Ganzbaum hochsignifikant.

Die forstliche Praxis beurteilt das Vorliefern **fallender Längen mit Pferd** (bei dickröttigem Anhängen des Holzes) nach wie vor als außerordentlich pfleglich. Aus den vorliegenden Versuchsdaten ergibt sich ein überraschend geringer Unterschied zwischen dem Schadensprozent von Schlepper- und Pferdeeinsatz beim gleichen Sortiment. Zwar muß eingeräumt werden, daß Vorliefern mit Pferd nur durch insgesamt vier Bestände, dafür aber immerhin mit 2333 untersuchten Bäumen (davon nur ein Bestand mit 108 Bäumen im Saft) belegt ist.

Die hohe Standardabweichung deutet auf starke Streuungen innerhalb der aufgenommenen Kollektive hin. Mit einem Schadensprozent von 18,8 für alle vier Bestände unter ganzjähriger Zusammenfassung ist die Pferdearbeit signifikant verschieden vom Schadensprozent der Schlepperbringung desselben Sortiments. Auch gegenüber dem weit geringeren Schadensumfang der Kurzholzaushaltung ist der Unterschied hoch signifikant.

Gegenüber Ganzbaumverfahren und Bringung von fallenden Längen heben sich deutlich die **Kurzholz- und Kranlängenverfahren** ab, die Schadensprozente von etwa 5 aufweisen. Bei diesen Verfahren werden das 1 oder 2 m lange Kurzholz und die 3 bis 7 m lange Kranlänge von Hand durch den Waldarbeiter an die Rückegasse vorgeliefert. Bei Kranlängen werden teilweise die aus Schweden bekannt gewordenen »Packzangen« als Hilfsmittel eingesetzt, um Tragearbeit teilweise in Zugarbeit umzusetzen. Ähnlich pfleglich mit Schadensprozenten zwischen 5 und 10 lassen sich Kurzholz und Kranlängen auch mit dem Pferd vorliefern. Dieses Verfahren ist jedoch nicht durch systematisch aufgenommene Versuchsflächen belegt.

Die Kurzholzverfahren unterscheiden sich gegenüber den Langholzverfahren grundsätzlich in der Fällordnung. Kurzholzaushaltung ist gekoppelt mit der Fällung möglichst senkrecht zur Rückegasse. Damit wird sichergestellt, daß ein großer Teil des Holzes in unmittelbarer Nähe der Rückegasse anfällt und beim anderen Teil nur geringe Vorlieferentfernungen auftreten. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß nur die dünnröttig gerückte fallende Länge ebenfalls zur Gasse hin gefällt wird, in diesem Fall jedoch unter Einhaltung eines spitzen Winkels. Alle anderen Langholzverfahren werden von der Rückegasse weg gefällt, damit wird automatisch die Vorlieferentfernung vergrößert, durch Einhaltung eines spitzen Winkels zur Rückegasse wird der Vorlieferweg zusätzlich verlängert.

Auch mathematisch-statistisch unterscheiden sich die Kurzholzverfahren hoch signifikant gegenüber den Langholzverfahren.

Es mag überraschen, daß die mit vielen Vorschußlorbeeren bedachte Bringung mit **funkferngesteuerter Schlepperseilwinde** nicht als eigenes, pflegliches Arbeitsverfahren herausgestellt wurde. Bei einer Sortierung der Langholzbestände auf die Ausrüstung des Rückeschleppers mit und ohne Funksteuerung ergibt sich nur ein kleiner, nicht signifikanter Unterschied zugunsten der funkferngesteuerten Seilwinde. Deshalb wurde auf eine Trennung der Versuchsbestände verzichtet.

Die für die aufgeführten Arbeitsverfahren ermittelten Schadensprozente stellen jeweils einen Mittelwert aus den entsprechenden Versuchsflächen dar. Von Bestand zu Bestand sind als Folge der wirksam werdenden Rückebedingungen außerordentlich große Schwankungen möglich. So sind vor allem extreme Ausreißer nach oben möglich,

- wenn z. B. die Fällordnung nicht dem vorhandenen, inneren Erschließungsnetz des Bestandes entspricht,
- wenn bei der Einhaltung der Fällrichtung unsachgemäß gearbeitet wird,
- wenn der Rücker Maschinenkraft anstelle von Geschick und Können einsetzt.

5.2.2.3 Jahreszeit

Die Prüfung eines jahreszeitlichen Unterschieds im Schadensumfang beschränkt sich auf die Gruppierung der Versuchskollektive in

- Bringung im Saft
- Bringung außer Saft.

Die Beurteilung der Gruppenzugehörigkeit des einzelnen Bestandes erfolgte durch das Aufnahmeteam an Ort und Stelle. Die Einteilung richtete sich nach dem Ausmaß des Saftflusses an frischen Beschädigungen. Eine scharfe Trennung der Perioden Saftzeit und Safruhe ist ohnehin nicht möglich, da diese Grenze fließend ist und von Jahr zu Jahr außerordentlich stark mit dem Witterungsverlauf schwanken kann, daneben selbstverständlich auch von Höhenlage und Kleinklima des Baumes abhängt. Die Methodik der Aufnahme zahlreicher Flächen in begrenzter Zeit hat Messungen der Rindenhaftkräfte im Einzelbestand oder gar am Einzelbaum zur Beurteilung des Saftzustandes nicht zugelassen.

Das Ergebnis der jahreszeitlichen Gruppierung ist ebenfalls aus den Tabellen 3 und 4 ersichtlich. Mit Ausnahme der dünnrötigen Bringung fallender Längen weisen alle anderen Arbeitsverfahren die Unterteilung Saftzeit und außerhalb Saftzeit auf. Für das Vorliefern fallender Längen mit Pferd ist die Sommervariante allerdings nur mit einem Versuchsbestand belegt.

Allen Bringungsverfahren, für die der jahreszeitliche Vergleich angestellt wurde, ist gemeinsam, daß **gravierende Unterschiede** zwischen Vegetationszeit und Vegetationsruhe **nicht bestehen**. Mit Ausnahme des Kurzholzverfahrens zeichnet sich die Saftzeit in allen Verfahrensvergleichen durch ein leicht erhöhtes Schadensprozent aus, jedoch sind die Unterschiede zwischen Sommer und Winter sehr gering und erreichen in keinem Fall eine signifikante Größenordnung (Tabelle 4 im Bereich der diagonalen Leerspalten).

In einer veränderten Darstellungsweise wurde in Abbildung 5 nochmals der jahreszeitliche Einfluß untersucht. Dabei wurde die Einteilung des Gesamtmaterials in die beiden Gruppen Bringung in Saft und Bringung außer Saft aufgegeben und das Schadensprozent jedes Versuchskollektivs über dem jeweiligen Bringungsmonat aufgetragen. Die Darstellung beschränkt sich wegen der unterschiedlichen absoluten Höhe des Schadensprozents auf die Verfahren Ganzbaumbringung und Bringung fallender Längen dickrötig mit Schlepper. Die über den einzelnen Monaten aufgetragenen Versuchsbestände werden zu einer nicht ausgeglichenen Kurve verbunden. Soweit für einen Monat mehrere Versuchsbeobachtungen vorlagen, wurde ein arithmetisches Mittel gebildet und dieses in den Kurvenverlauf einbezogen. Auch aus dieser Darstellung wird deutlich, daß für das Versuchsmaterial keine ausgeprägten systematischen Abhängigkeiten des Schadensumfangs vom jeweiligen Bringungsmonat bestehen.

Dieser Frage muß in der Diskussion der Versuchsergebnisse in Abschnitt 6 noch besondere Bedeutung beigemessen werden.

5.2.2.4 Erschließungsdichte

Die Verteilung der Bringungsschäden über die Bestandesfläche läßt sich in zwei Aspekte gliedern:

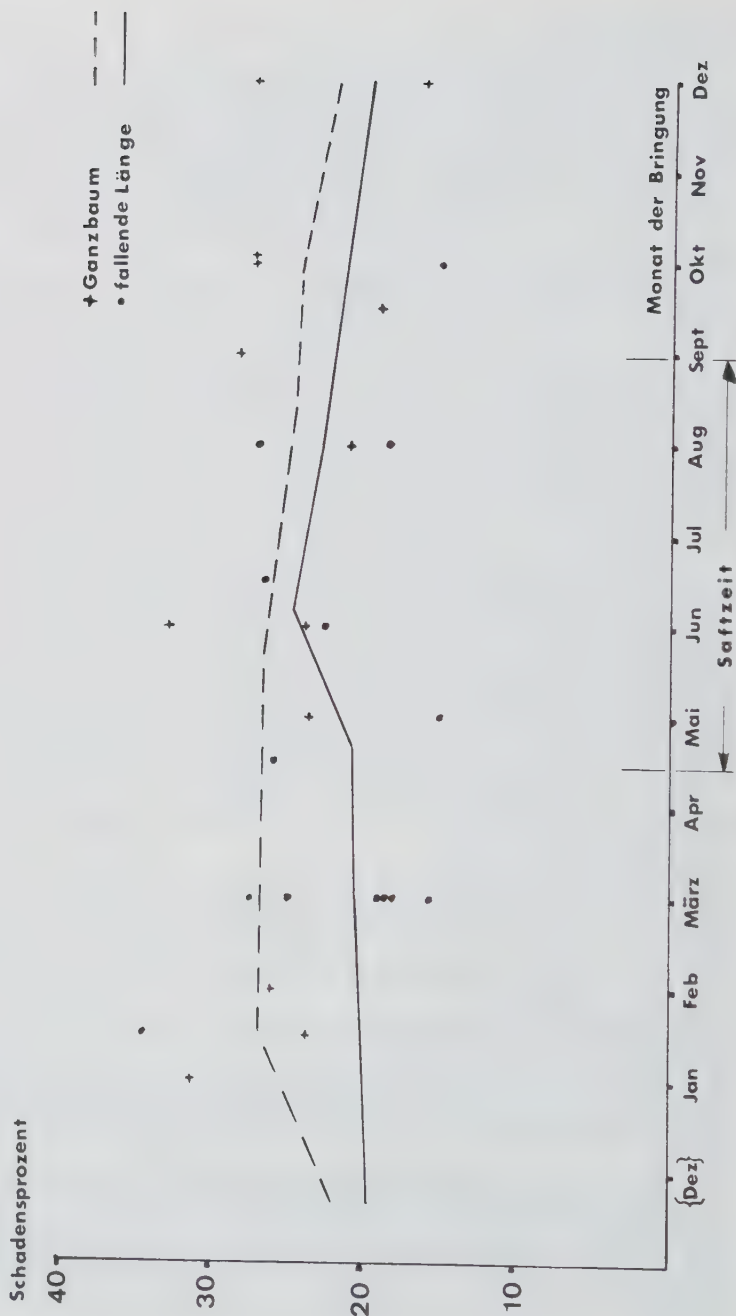
- die Lage des einzelnen Baumes eines Bestandes zur Erschließungslinie, die vermutlich seine Gefährdung mitbestimmt,
- die Intensität der Bestandeserschließung allgemein, die auf den Schadensumfang von Einfluß sein kann.

Während der erstere Aspekt für den Einzelbaum in Abschnitt 5.2.4 behandelt wird, steht an dieser Stelle der von der Bestandesfeinerschließung ausgehende Einfluß auf das Schadensniveau zur Diskussion. Gibt es vielleicht eine optimale Erschließungsdichte aus der Sicht der Rückeschäden?

Die zunehmende Einführung mechanisierter Bringungsverfahren fordert eine intensive Bestandeserschließung. Nachdem im öffentlichen Wald die Fahrwegedichte teilweise einen hohen Stand erreicht hat (z. B. Baden-Württemberg 42–45 lfm/ha), bleibt vor allem die innere Erschließung der Bestände durch Rückegassen in befahrbaren Lagen und Maschinenwege in Hanglagen zu verbessern.

Im Rahmen der Rückeschadensaufnahmen wird auch die Erschließungsdichte des Bestandes

Abbildung 5: Bestandesweise Schadensprozent in Abhängigkeit vom Bringungsmonat am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickkörtig mit Schlepper gerückt



festgehalten, so daß es möglich war, das Versuchsmaterial nach der Intensität der Feinerschließung zu stratifizieren. Zu dieser Untersuchung eignet sich nicht die Gesamtheit aller ausgeschiedenen Arbeitsverfahren wegen ihres sehr unterschiedlichen Schadensniveaus. Der Einfluß der Erschließung wurde deshalb nur an den stark belegten und im Schadensprozent schwach voneinander abweichenden Verfahren Bringung von Ganzbäumen und Bringung von fallenden Längen dicktörtig mit Schlepper untersucht. Damit basiert das Ergebnis noch auf insgesamt 27 Versuchskollektiven, nach Ausscheidung der zwei Werte mit der größten Abweichung von einer Ausgleichskurve noch auf 25 Versuchskollektiven. Um den Einfluß der Erschließung nicht durch die verfahrensbedingten Unterschiede zu überdecken, wurden alle Schadensprozente auf das einheitliche Niveau des am stärksten belegten Verfahrens (Ganzbaum außer Saft) gebracht. Die Schadensprozente der 25 Bestände sind in Abbildung 6 aufgetragen und mit einer Kurve der allgemeinen Form

$$y = \frac{a}{x} + bx + c$$

ausgeglichen. Der multiple Korrelationskoeffizient beträgt 0,56.

Die Ausgleichskurve weist tatsächlich ein Schadensminimum für einen Rückegassenabstand von etwa 40 m aus. Dabei ist das Kurvenoptimum nicht sehr ausgeprägt, so daß auch Rückegassenabstände von 35 bis 45 m noch ohne stärkere Auswirkungen auf das Schadensprozent bleiben. Die Kurve steigt bei einer intensiveren Feinerschließung mit Gassenabständen unter 30 m relativ steil an. Diese Tendenz wird auch dadurch erhärtet, daß der gut mit Versuchsmaterial belegte Bereich von 30 m Rückegassenabstand signifikant (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) geringere Schadensprozente aufweist als der Abstand 25 m. Im Bereich einer weitmaschigen Erschließung reagiert das Schadensprozent weniger ausgeprägt auf einen veränderten Gassenabstand; der Kurvenverlauf ist flacher. Dabei muß allerdings eingeräumt werden, daß der bei größeren Rückegassenabständen wieder ansteigende Kurvenast weniger gut durch Versuchsmaterial belegt ist.

An einem Beispiel kann verdeutlicht werden, wie stark, trotz insgesamt wenig ausgeprägtem Optimum, die Auswirkungen sein können: Gegenüber dem Rückegassenabstand von 40 m führt bereits ein Gassenabstand von 25 oder 70 m zu $\frac{1}{3}$ mehr beschädigten Bäumen.

5.2.2.5 Art und Stärke des Eingriffs

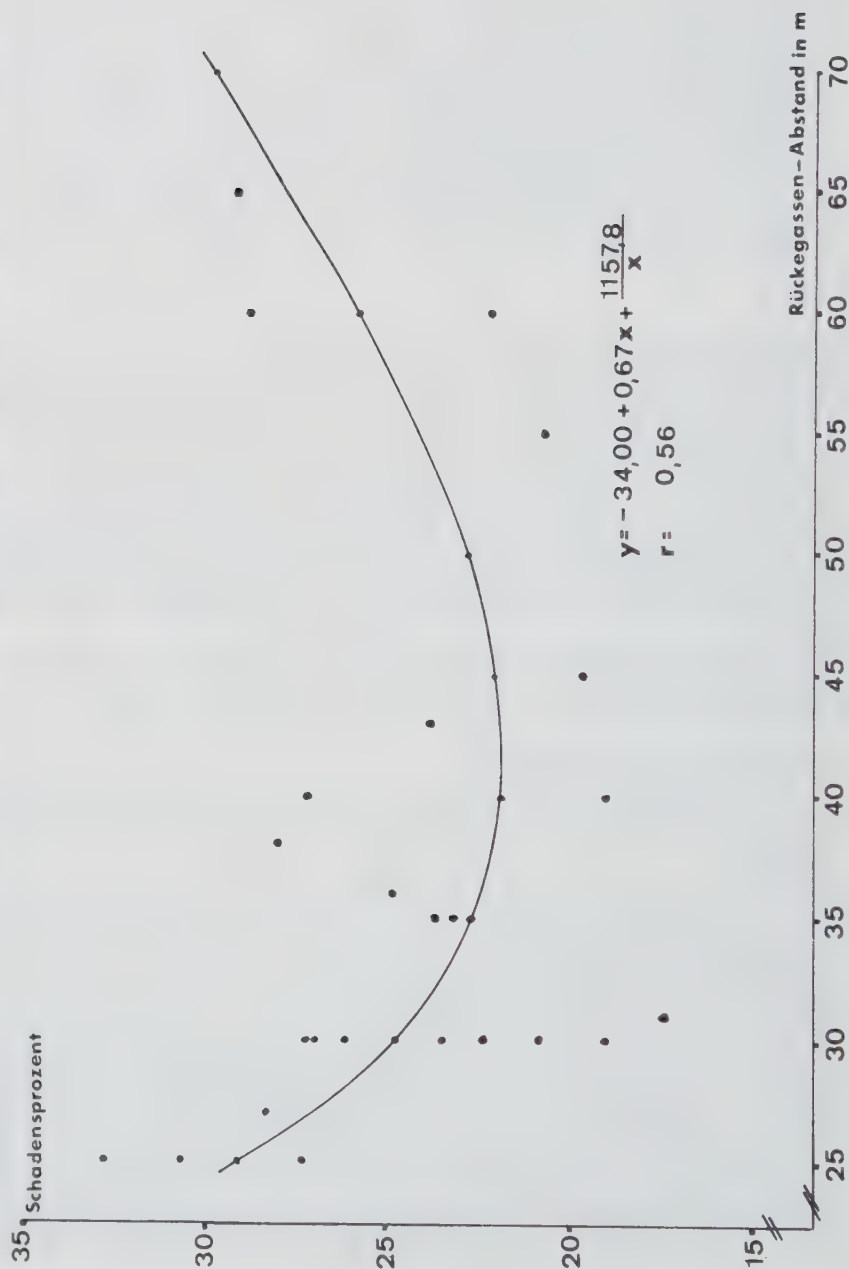
Bei den Überlegungen zu einer geeigneten Kennziffer für das Schadensausmaß in Abschnitt 5.2.2.1 war der Begriff »Schadbäume je Eingriff« gegenüber »Schadensprozent« als weniger geeignet angesehen worden, weil darin die Eingriffsstärke enthalten ist, und diese in der Regel nicht ermittelt wird.

Der Fragestellung, ob und inwieweit Art und Stärke einer Durchforstung auf das Schadensausmaß einen Einfluß ausüben, wird wiederum an den gut belegten Arbeitsverfahren Ganzbaumbringung und fallende Längen, dicktörtig mit Schlepper gerückt nachgegangen. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden die vier Versuchsbestände, die konsequent nach den sogenannten »Durchforstungsleitlinien 1975« der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (P. Abetz 1975, Merkblatt der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 1975) behandelt wurden. Art und Stärke des Eingriffs weichen bei diesen Beständen mehr oder weniger stark von der herkömmlichen Durchforstung der Fichte ab.

Abbildung 7 zeigt die Beziehung zwischen dem Schadensprozent und dem »Entnahmeprozent« als Maß für die Eingriffsstärke. Die Einzelwerte aus 23 Beständen wurden linear ausgeglichen. Im Korrelationskoeffizienten von 0,46 wird sichtbar, daß der Schadensumfang zwar mit der Durchforstungsstärke steigt, daß jedoch daneben eine Reihe von anderen Faktoren das Schadensprozent variieren. Für den mittleren Bereich der Ausgleichsgerade kann festgestellt werden, daß ein um 1 % höheres Entnahmeprozent zu einem um 0,4 % höheren Schadensprozent führt.

Für die Eingriffsstärke wurden noch weitere Maßzahlen untersucht, so z. B. die Baumzahl des

Abbildung 6: Schadensprozent in Abhängigkeit von der Erschließungsdichte, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickkötig mit Schlepper gerückt



ausscheidenden Bestandes je ha, für die ebenfalls eine lockere Beziehung (Korrelationskoeffizient 0,25) zum Schadensprozent nachzuweisen ist.

Bei den Rückeschadensaufnahmen war in der Art der Durchforstung unterschieden worden zwischen

- herkömmlicher, mäßiger bis starker Durchforstung (mit Tendenz zur Niederdurchforstung)
- Auslesedurchforstung unter Anwendung der »Durchforstungsleitlinie 1975« der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

Die Durchforstungsleitlinien für Fichte sehen nach frühzeitiger Auswahl von maximal 400 Zukunfts-Bäumen je ha wenige, zunächst starke, später mäßige Eingriffe vor. Charakteristisch ist eine konsequente Markierung und Freistellung der Zukunfts-Bäume. Für diese Eingriffe errechnet sich ein hohes »Entnahmeprozent«, durch die gleichzeitig starke Absenkung der Stammzahlen ordnet sich das Schadensprozent nicht entsprechend der in Abbildung 7 gezeigten Gesetzmäßigkeit ein. Dies gilt vor allem für die frühzeitige Anwendung der Leitlinie bei Oberhöhen von ca. 15 m. In diesen Fällen bleibt das Schadensprozent deutlich unter dem für herkömmliche Durchforstungen festgestellten Niveau. Das geringere Schadensniveau gilt sowohl für den Gesamtbestand als auch für die Zukunfts-Stämme.

5.2.2.6 Bestandesalter

Während das Stammholz schon immer in langer Form gebracht wurde und ebenfalls Schäden am verbleibenden Bestand verursacht beziehungsweise auch in der Vergangenheit verursacht hat, treten durch die eingangs beschriebenen Veränderungen im Schwachholzsektor Bringungsschäden heute vermehrt in 30- bis 60jährigen Pflegebeständen auf. Die noch geringen Baumabstände in diesem Bestandesalter sind jeder Mechanisierung hinderlich.

Anhand der aufgenommenen Versuchsbestände, die ebenfalls in einem Bestandesalter von 30 bis 60 Jahren schwanken, wurde untersucht, ob das Schadensprozent vom Bestandesalter abhängig ist und wie teilweise vermutet, mit zunehmendem Alter sinkt.

Zunächst kann festgestellt werden, daß das »Entnahmeprozent« als Maß für die Durchforstungsstärke unabhängig vom Bestandesalter ist (Korrelationskoeffizient 0,06 zwischen Entnahmeprozent und mittlerem Bruthöhendurchmesser des Bestandes) und von anderen Einflüssen bestimmt wird. Damit wird also der zu untersuchende Einfluß des Bestandesalters auf das Schadensprozent nicht durch Unterschiede überlagert, die auf wechselnde Eingriffsstärken zurückzuführen sind.

Für die Untersuchung des vom Bestandesalter ausgehenden Einflusses auf das Schadensprozent wurden wiederum die 27 Versuchsbestände herangezogen, die Ganzbäume und fallende Längen in Schlepperbringung einhalten. Das Ergebnis zeigt einen schwachen Zusammenhang (Korrelationskoeffizient 0,11), der nicht signifikant ist. Trotzdem kann die überraschende Tendenz festgestellt werden, daß mit steigendem mittlerem Bruthöhendurchmesser des Bestandes (= Alter) auch das Schadensprozent ansteigt.

Ein leicht ansteigendes Schadensprozent mit zunehmendem Bestandesalter bedeutet umgesetzt auf die absolute Zahl der beschädigten Bäume selbstverständlich noch immer eine deutliche Abnahme, da die Baumzahl mit zunehmendem Alter stärker zurückgeht.

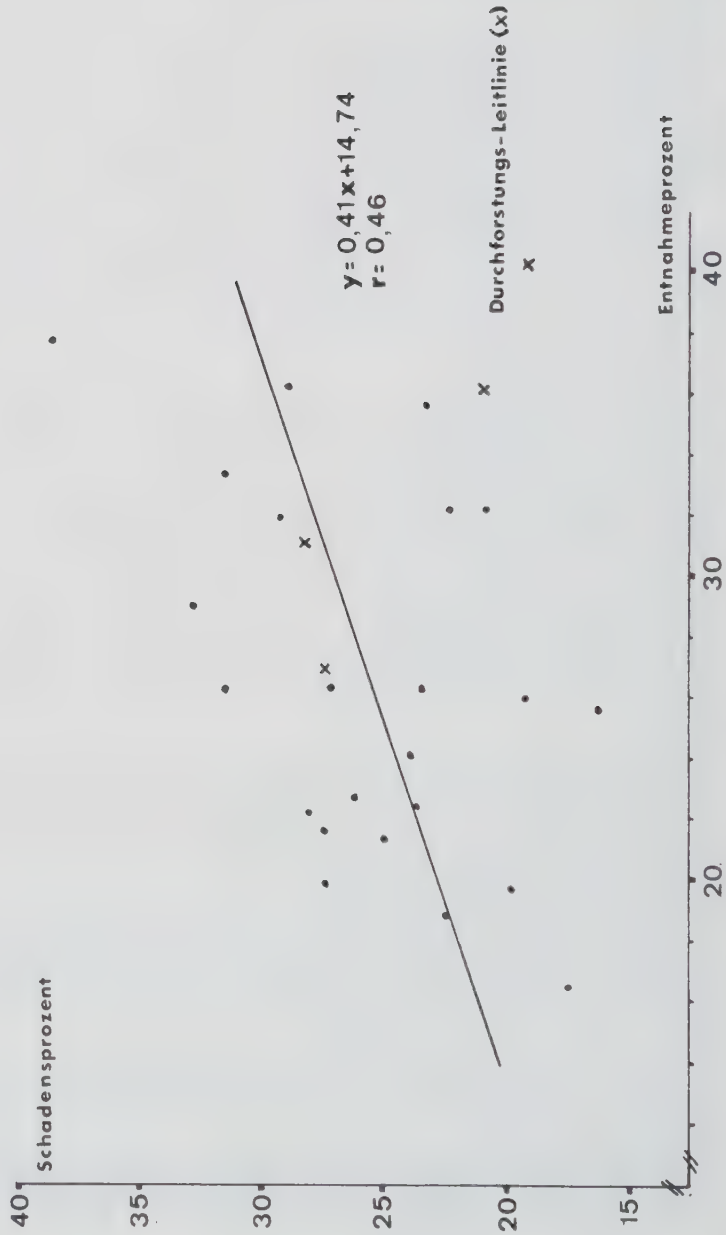
Das Versuchsmaterial umfaßt keine über 60jährigen Bestände, so daß der Schadensverlauf nicht über den Rahmen des 30. bis 60. Lebensjahres hinaus verfolgt werden kann.

5.2.2.7 Baumstärke und Zukunfts-Bäume

Wurde im vorigen Abschnitt der Einfluß des mittleren Bruthöhendurchmessers des Bestandes untersucht, so bleibt noch die Gefährdung der verschieden starken Bestandesglieder **innerhalb** eines Bestandes zu klären.

Da im Rahmen der Schadensaufnahmen der Bruthöhendurchmesser der beschädigten und der unbeschädigten Bäume gemessen wurde, ist es möglich, bestandesweise den jeweiligen mittleren Bruthöhendurchmesser zu berechnen. Bei einer Zusammenstellung aller Bestände fällt auf,

Abbildung 7: Schadensprozent in Abhängigkeit vom »Entnahmeprozent« als Maß für die Eingriffsstärke, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen dickkörtig mit Schlepper gerückt



daß die Fälle stark überwiegen, in denen die beschädigten Bäume einen höheren Brusthöhendurchmesser aufweisen. Zur Absicherung dieser Tendenz wurde ein Signifikanztest gemacht. Es eignet sich für diesen paarweisen Vergleich ein einfacher Zeichentest. Bei der Auswertung sind im einzelnen folgende bestandesweisen Trends aufgetreten:

mittl. Brusthöhendurchmesser der beschädigten Bäume	gegenüber	mittl. Brusthöhendurchmesser der nicht beschädigten Bäume
größer	in 16	Beständen
gleich	in 2	Beständen
kleiner	in 4	Beständen

(Die Bestände mit markierten Zukunfts-Bäumen wurden aus der Auswertung ausgeschlossen.)

Nach den Tabellen von van der Waerden und Nievergelt in E. Weber (1964) ist damit bei insgesamt 22 paarweisen Vergleichen ein signifikanter Unterschied mit 2 % Irrtumswahrscheinlichkeit gegeben.

Somit wurde nachgewiesen, daß innerhalb eines Bestandes die stärkeren Bäume mehr gefährdet sind als die schwächeren. Diese Tendenz ist plausibel, wenn man bedenkt, daß

- in der Umgebung der stärkeren Bäume in erster Linie Durchforstungseingriffe erfolgen,
- stärkere Bäume mit ihren weiter ausgreifenden Wurzelanläufen ein breiteres Hindernis beim Beiziehen des Holzes darstellen.

Die Durchforstung bezweckt, die wüchsigsten und qualitativ besten Bäume eines Bestandes durch Standraumerweiterung zu fördern. Das Durchforstungsprinzip wird deutlicher in der Auslesedurchforstung mit markierten Zukunfts-Bäumen. Die Zukunfts-Bäume sind damit weitgehend identisch mit den vorherrschenden, wüchsigsten und qualitativ besten Bäumen eines Bestandes. Gerade diese förderungswürdigen Bäume sind jedoch am stärksten gefährdet, beim Rücken beschädigt zu werden. So läßt sich auch bei einer Ansprache der soziologischen Stellung des Einzelbaumes im Rahmen der Schadensaufnahmen feststellen, daß die vorherrschenden und herrschenden Bäume die höchsten Schadensprozente aufweisen. Weniger stark sind dagegen die zwischen- und unterständigen, damit schwächeren Bäume gefährdet. Dieses Ergebnis gilt für die herkömmliche Durchforstung der Fichte, wie sie auch heute noch ganz überwiegend geübt wird und ohne Kennzeichnung von Zukunfts-Bäumen.

Die Anwendung der sogenannten »Durchforstungsleitlinie 1975« geht von einer begrenzten Zahl klar gekennzeichneten und konsequent auch im oberen Kronenbereich begünstigter Zukunfts-Bäume aus. Diese Eingriffsart wurde in vier Beständen angewandt mit folgender Reaktion des

Schadensprozents:

Gesamtbestand	Zukunfts-Bäume
28,3	18,5
21,0	18,8
19,1	9,1
27,3	23,8

Damit konnte **entgegen** der für herkömmliche Durchforstungen festgestellten Tendenz erreicht werden, daß das Schadensprozent für die markierten Zukunfts-Bäume um bis zur Hälfte, im Mittel um gut ¼ gesenkt wurde. Die Zukunfts-Baum-Markierung wurde in den Versuchsbeständen durch den Hinweis an den Rücker ergänzt, die markierten Bäume besonders zu schonen.

5.2.3 Die Schadensgröße und ihre Beeinflussung

Neben dem Schadensprozent ist die Schadensgröße das wichtigste Merkmal zur Charakterisierung von Rückeschäden. Beide Merkmale bestimmen auch zu einem hohen Grad, inwieweit Folgeschäden durch Fäulnisbefall zu erwarten sind.

Aus den Meßdaten Länge und Breite der Verletzung wurde für jeden Einzelschaden die Wundgröße in qcm errechnet und für jeden Bestand eine kennzeichnende mittlere Wundgröße hergeleitet. Im Gegensatz zum Schadensprozent, das sich auf den Baum bezieht, ist die Wundgröße ein Merkmal des einzelnen Schadens. Je Baum kann sich aus der Summierung mehrerer Schäden eine wesentlich größere Wundfläche aufaddieren, die nicht als Kennziffer verwendet wird.

5.2.3.1 Größenverteilung der Schäden

Über das Gesamtversuchsmaterial wurde aus 2566 Einzelschäden eine mittlere Schadensgröße von 127 qcm ermittelt. Nach der Bildung von sechs Schadensgrößen-Klassen ergibt sich die in Tabelle 5 dargestellte absolute und relative Verteilung.

Tabelle 5: Verteilung der Rückeschäden auf Schadensgrößen-Klassen

Schadensgröße in qcm	absolut	Zahl der Schäden in %	in %
10 – 30	529	20,6	20,6
31 – 50	379	14,8	35,4
51 – 100	665	25,9	61,3
101 – 200	502	19,6	80,9
201 – 300	244	9,5	90,4
>300	247	9,6	100,0

Die Schadenshäufigkeit über der Schadensgröße verläuft nach der in Abbildung 8 dargestellten Hyperbel:

$$y = -154,64 + 0,04 \cdot x + 3181,80 \cdot \frac{3181,80}{\sqrt{x}}$$

Somit treten also die kleinen Schäden um ein Vielfaches häufiger als die großen auf. Zwischen der Aufnahmegrenze von 10 qcm Mindestgröße (vgl. Definition des Schadensbegriffs) und von 75 qcm Schadensgröße liegen allein ca. 50 % aller Schäden (Median). Mehr als 300 qcm messen nur knapp 10 %, größer als 500 qcm sind noch 3 % (77) und größer als 1000 qcm noch 0,5 % (12) aller Schäden. Der obere Extremwert liegt bei einer Schadensgröße von 2100 qcm.

5.2.3.2 Arbeitsverfahren und Holzaushaltung

Analog zu Tabelle 3 für das Schadensprozent werden in Tabelle 6 die **mittleren Wundgrößen** je Bestand nach den Arbeitsverfahren stratifiziert und ein gewogenes Mittel hergeleitet. Auch in Tabelle 6 ist die Gliederung in Bringung während und außerhalb der Saftzeit vorgenommen und damit auf den Einfluß der Jahreszeit, der im nächsten Abschnitt darzustellen sein wird, vorgegriffen worden.

Tabelle 7 enthält wiederum die Ergebnisse der Signifikanz-Tests zwischen den verschiedenen Arbeitsverfahren und der jahreszeitlichen Gruppenbildung im Hinblick auf das Merkmal Schadensgröße.

Die mittleren Schadensgrößen unterscheiden sich sowohl nach Arbeitsverfahren als auch nach der Jahreszeit der Holzbringung.

Beachtlich sind unter vergleichbaren Saftbedingungen die Differenzen zwischen den einzelnen

Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Schäden über der Schadensgröße, (Zahl der Beobachtungen je cm² Schadensgröße)

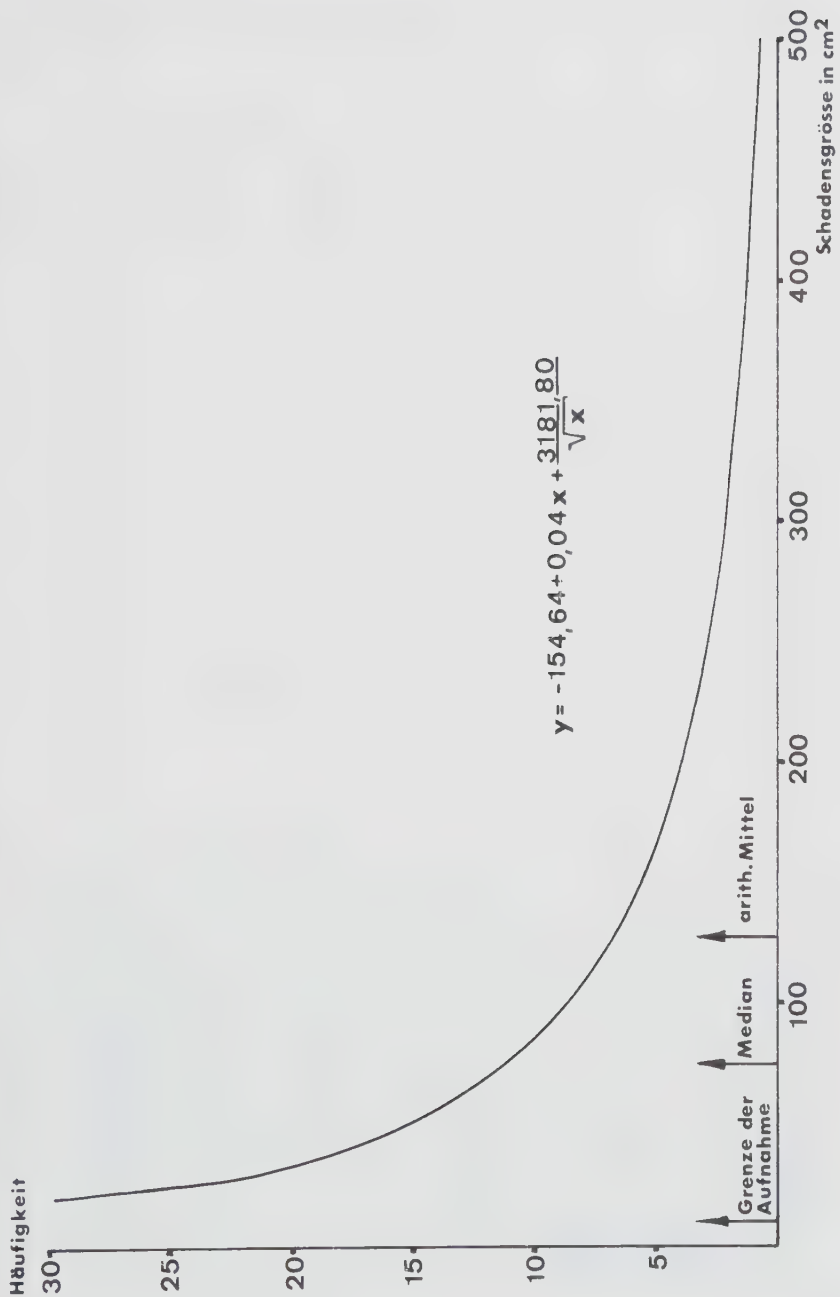


Tabelle 6: Mittlere Schadensgröße in Abhängigkeit von den angewandten Arbeitsverfahren und von der Jahreszeit der Bringung (vgl. entsprechende Darstellung für das Schadensprozent in Tabelle 3)

Arbeitsverfahren		Bringung im Saft		Bringung außer Saft	
Holzausformung b. Vorliefern	Vorliefermittel	Zahl der Bestände Zahl der Wunden Standardabweichg.	mittlere Wundgröße in qcm	Zahl der Bestände Zahl der Wunden Standardabweichg.	mittlere Wundgröße in qcm
Ganzbaum	Schlepper	4 457 212,5	171,8	9 633 114,4	104,6
fallende Länge	Schlepper (dickörtig)	7 366 122,0	119,4	7 276 102,7	88,6
fallende Länge	Schlepper (dünnörtig)	– – –	–	3 36 207,6	146,6
fallende Länge	Pferd	1 32 77,8	90,4	3 270 81,2	76,6
Kurzholz, Kranlänge	von Hand	7 26 317,1	210,1	3 56 169,4	149,5

Arbeitsverfahren. Vorliefern fallender Längen mit Pferd führt demnach zu den durchschnittlich kleinsten Verletzungen, um 16 bis 32 % größer sind die Beschädigungen, wenn beim selben Sortiment der Schlepper eingesetzt und dickörtig gerückt wird. Eine nochmalige Steigerung um 18 bis 44 % erfährt die mittlere Schadensgröße beim Übergang zum Ganzbaumverfahren. Sehr große Schäden werden für die Kurzholzbringung und die dünnörtige Bringung fallender Längen ausgewiesen. Die Ursache dafür ist in der Verteilung der Schäden zu suchen. Die Schäden dieser beiden Verfahren werden bei Kurzholz nahezu ausschließlich, bei dünnörtiger Bringung von fallenden Längen zum großen Teil durch Schlepperfahrten auf der Gasse verursacht. Denn je geringer das Schadensprozent für die Gesamtfläche, um so stärker fallen die teilweise unvermeidlichen Schäden an der Rückegasse ins Gewicht. Gerade die von Schlepperreifen verursachten Verletzungen an Wurzelanläufen und Wurzeln sind jedoch besonders großflächig. Die typische Schadensverteilung über den Bestand wird in Abschnitt 5.2.4 behandelt werden.

Die Signifikanz-Prüfung in Tabelle 7 hat die verfahrensbedingten Unterschiede – unter Berücksichtigung der verschieden starken Belegung der Arbeitsverfahren mit Versuchsbeständen – bestätigt:

- Ganzbaum gegenüber fallender Länge
- Schlepper gegenüber Pferd
- Saftzeit gegenüber Safruhe.

Tabelle 7: Ergebnis der Signifikanz-Tests zur mittleren Schadensgröße verschiedener Bringungsverfahren und wechselnder Jahreszeiten (vgl. entsprechende Darstellung für das Schadensprozent in Tabelle 4)

Arbeitsverfahren	Ganzbaum/ Schlepper		fallende Länge/ Schlepper/ dickkörtig		fall. Länge/ Schlepper/ dünnkörtig		fallende Länge/ Pferd		Kurzholz, Kranlänge/ von Hand	
	Jahreszeit	Saft	außer Saft	Saft	außer Saft	außer Saft	Saft	außer Saft	Saft	außer Saft
Ganzbaum/ Schlepper	Saft		XXX	XXX	XXX	0	XXX	XXX	0	
	außer Saft	XXX		0	X	0	0	XXX	0	0
fallende Länge/ Schlepper, dickkörtig	Saft	XXX	0		XXX	0	0	XXX	0	0
	außer Saft	XXX	X	XXX		0	0	0	0	XX
fallende Länge/ Schlepper, dünnkörtig	außer Saft	0	0	0	0		0	X	0	0
	Saft	XXX	0	0	0	0		0	0	X
Kurzholz, Kranlänge/ von Hand	Saft	0	0	0	0	0	0	X	0	0
	außer Saft	0	0	0	XX	0	X	0	0	

5.2.3.3 Jahreszeit

Der jahreszeitliche Einfluß auf die Schadensgröße kommt ebenfalls in Tabelle 6 zum Ausdruck, in der sämtliche Arbeitsverfahren nach dem Kriterium Bringung in beziehungsweise außer Saft unterteilt wurden.

Im Mittel aller Arbeitsverfahren liegt die Schadensgröße in der Vegetationszeit um 48 % über der Schadensgröße der Vegetationsruhe. Am ausgeprägtesten zeichnet sich der jahreszeitliche Einfluß mit 64 % beim Ganzbaumverfahren ab, am geringsten bei der Pferdebringung mit nur 18 %. Die Pfléglichkeit des Pferdes beziehungsweise die höhere Gefährdung bei Ganzbäumen während der Saftzeit kommt damit in der mittleren Schadensgröße voll zum Ausdruck.

Auch die Ergebnisse der Signifikanz-Tests, die in Tabelle 7 wiedergegeben sind, bestätigen für die gut belegten Arbeitsverfahren (Ganzbaum und fallende Längen dickkörtig mit Schlepper) hochsignifikante Unterschiede zwischen der Schadensgröße in und außer Saft. Die Unterschiede bei den restlichen Arbeitsverfahren sind ähnlich deutlich, im t-Test jedoch durch die geringere Materialbelegung nicht als signifikant nachzuweisen.

Neben der groben Gruppierung in Saftzeit und Safruhe interessiert auch für die Schadensgröße der Verlauf über die einzelnen Monate des Jahres. Für die gut abgesicherten Arbeitsverfahren Ganzbaum und fallende Längen dickkörtig mit Schlepper wird deshalb die mittlere Schadensgröße jedes Bestandes über dem Bringungsmonat aufgetragen (Abbildung 9). Soweit für einen Monat mehrere Werte vorliegen, wird das Mittel gebildet.

Aus der unausgeglichene Kurve von Abbildung 9 wird deutlich, daß der Anstieg der Wundgröße zu Beginn der Saftzeit steiler erfolgt als der Abfall im Spätsommer. Im Verlauf eines einzelnen Jahres müßte der steile Anstieg und das langsame Abfallen noch wesentlich ausgeprägter sein. Durch die Zusammenfassung vieler Versuchsbestände aus insgesamt sieben verschiedenen Jahren und den unterschiedlichen Witterungsverlauf der einzelnen Jahre werden scharfe Niveauunterschiede verwischt. So wurde z. B. ein Ende März 1977 gerückter Bestand vom Aufnahmeteam bereits in die Kategorie »Saftzeit« eingeordnet, da der Witterungsverlauf im Spätwinter einen außerordentlich frühen Vegetationsbeginn, der später nochmals gestoppt wurde, verursacht hatte.

5.2.3.4 Weitere Einflüsse auf die Schadensgröße

Unter den aufgenommenen Baum- und Schadensdaten kommen als mögliche weitere Einflüsse auf die Schadensgröße in Frage

- die Entfernung des Baumes zur Rückegasse,
- der Bruthöhendurchmesser des Baumes,
- die Art des Schadens,
- die Lage des Schadens am Baum.

Der Einfluß der **Entfernung des Baumes zur Rückegasse** auf die Schadensgröße läßt sich für das Gesamtmaterial an den Anteilen der einzelnen Schadensgrößen-Klassen an der Gesamtheit der Schäden zeigen (Abbildung 10). Die Größenklassen

- 31 – 50 qcm
- 51 – 100 qcm
- 101 – 200 qcm
- 201 – 300 qcm

sind über alle Rückegassen-Entfernungen mit nahezu konstanten Anteilen an der Schadensgesamtheit beteiligt (Korrelationskoeffizient nicht signifikant von 0 verschieden). Demgegenüber nimmt der Anteil der Größenklasse 10–30 qcm mit wachsender Entfernung von der Rückegasse zu; gleichzeitig sinkt der Anteil der Größenklasse >300 qcm mit zunehmender Entfernung von der Rückegasse. In den beiden letzteren Fällen weicht der Korrelationskoeffizient jeweils signifikant von 0 ab.

Abbildung 9: Wundgröße in Abhängigkeit vom Monat der Holzbringung, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen dicktörig mit Schlepper gerückt

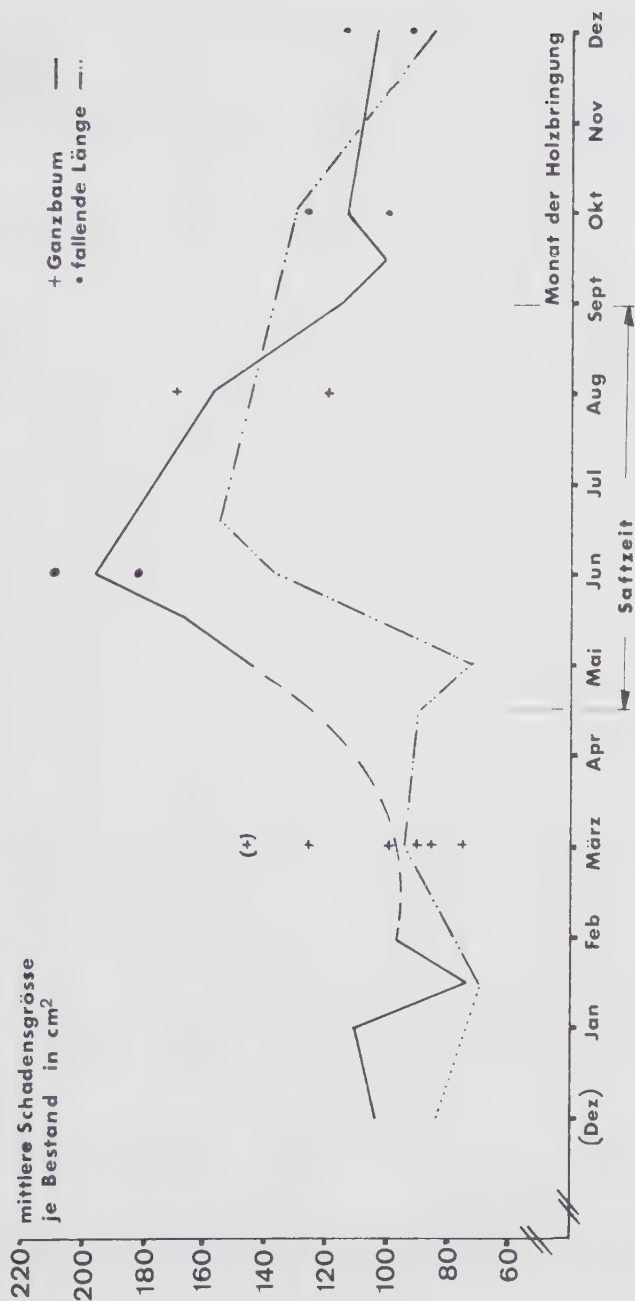
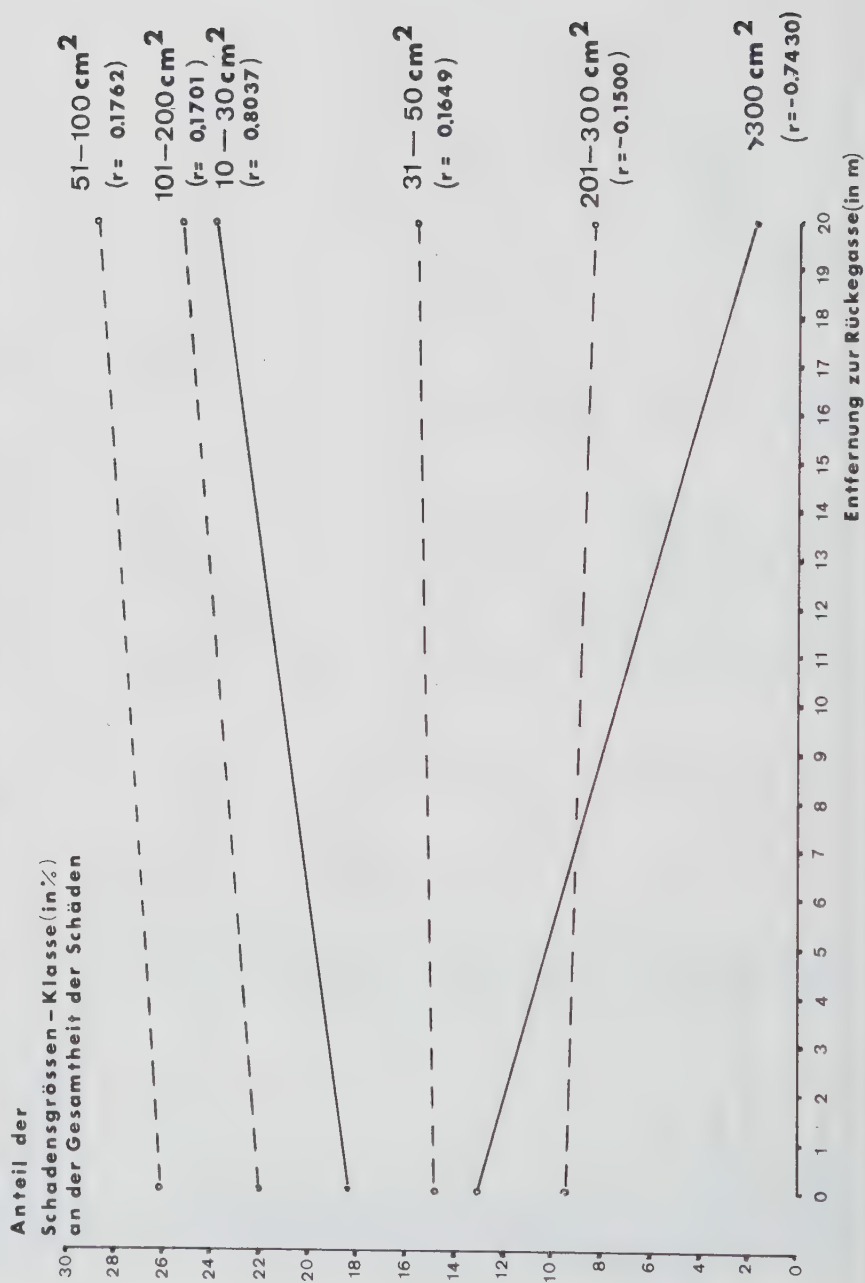


Abbildung 10: Die Schadensgröße in Abhängigkeit von der Entfernung des beschädigten Baumes zur Rückegasse



Mit wachsender Entfernung des beschädigten Baumes von der Rückegasse nimmt also die Wahrscheinlichkeit sehr großflächiger, gravierender Schäden ab. Umgekehrt häufen sich die großen Schäden, die teilweise durch die Schlepperfahrten verursacht werden, in der Nähe der Rückegasse.

Ebenfalls an Mittelwerten des gesamten Versuchsmaterials lassen sich der Einfluß von **Art des Schadens** und **Lage des Schadens am Baum** auf die Schadensgröße zeigen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Veränderung der mittleren Schadensgröße mit Variation der Art des Schadens und seiner Lage am Baum (dargestellt an sämtlichen Schadensdaten)

Art des Schadens	Mittlere Schadensgröße in qcm (Zahl der Beobachtungen)				
	Lage des Schadens				
	Wurzel	Wurzel- kehle	0,30 – 1,00 m Höhe	über 1,0 m Höhe	sämt- liche Lagen
Holzkörper frei- liegend, nicht verletzt	95 (637)	122 (1156)	101 (310)	76 (63)	110 (2166)
Holzkörper frei- liegend, zusätz- lich verletzt	172 (85)	226 (254)	248 (52)	245 (9)	218 (400)
sämtliche Scha- densarten	104 (722)	141 (1410)	122 (362)	97 (72)	127 (2566)

Der Zusammenhang von **Art des Schadens** und Schadensgröße wird aus der Tabelle 8 sehr deutlich. Schäden, bei denen der Holzkörper nicht nur freigelegt, sondern zusätzlich beschädigt ist, sind im Mittel annähernd doppelt so groß als Schäden ohne Holzkörperverletzung. Eine Trennung von Ursache und Wirkung scheint bei diesen beiden Faktoren nicht möglich. Es bleibt deshalb als Charakteristikum der Schädigung festzuhalten, daß große Schäden auch eher mit einer Verletzung des Holzkörpers einhergehen.

Der Zusammenhang von Schadensgröße und **Lage des Schadens am Baum** ist offensichtlich bei leichten und schweren Verletzungen nicht gleichartig. Bei Schäden mit unverletztem Holzkörper wird eine maximale Schadensgröße im Bereich der Wurzelkehle erreicht, Wurzelverletzungen und Stammzahlverletzungen sind demgegenüber wieder kleinflächiger. Bei den schweren Schäden mit Holzkörperverletzungen steigt die Schadensgröße dagegen mit zunehmender Höhe am Baum.

Eine zusätzlich durchgeführte **Kovarianzanalyse** hat die in herkömmlicher Auswertung gefundenen Zusammenhänge bestätigt. Danach bestehen nur für Art des Schadens (Korrelationskoeffizient 0,2519) und Entfernung des Baumes von der Rückegasse (Korrelationskoeffizient 0,1175) signifikante Einflüsse auf die Schadensgröße. Die zusätzlich geprüften Einflüsse Lage am Baum und Brusthöhendurchmesser des Baumes haben Korrelationskoeffizienten unter 0,1 und stellen damit keine signifikanten Einflüsse auf die Schadensgröße dar. Durch die erwähnten vier Einflüsse können insgesamt nur 7 bis 8 % der Varianz der Schadensgröße geklärt werden.

5.2.4 Verteilung der Schäden im Bestand

Bei der Verteilung der Schäden ist zwischen der Lage der beschädigten Bäume im Bestand und der Lage der Einzelschäden am Baum zu unterscheiden. Größeres Interesse kommt im Rahmen der Schadensverteilung den beschädigten Bäumen zu, die Zahl der Einzelschäden je Baum ist vor allem unter dem Aspekt möglicher Folgeschäden von Bedeutung.

5.2.4.1 Verteilung der beschädigten Bäume

Das im Schadensprozent zum Ausdruck gebrachte Schadensausmaß ist als Folge der Schlagordnung und des Vorliefern nicht gleichmäßig über den gesamten Bestand verteilt. Die Massierung des anfallenden Holzes in Rückegassennähe sowie das auch bei guter Schlagordnung erforderliche Einschwenken von Langholz in die Gassenachse führen zu einer Konzentration der Beschädigungen in Gassennähe. Das Befahren der Rückegasse selbst durch Rückeschlepper, das allen untersuchten Arbeitsverfahren gemeinsam ist, verstärkt zusätzlich den Schadensumfang entlang der Rückegasse. Davon sind vor allem die unmittelbaren Randbäume auf der gassenzugewandten Baumseite betroffen.

Neben dem Einfluß der Erschließungsdichte auf das Schadensniveau (vgl. Abschnitt 5.2.2.4) hängt die Verteilung der beschädigten Bäume im Bestand vor allem von der Entfernung des Baumes zur nächstliegenden Rückegasse ab. Art und Ausmaß dieser Abhängigkeit wird im folgenden an den 27 Versuchsbeständen der Arbeitsverfahren Bringung von Ganzbäumen und dickröhrige Bringung von fallenden Längen mit Schlepper gezeigt. Dazu wird das Material zunächst nach drei Gruppen verschiedener Erschließungsintensität gegliedert:

25–30 m Rückegassenabstand (12 Bestände)

31–40 m Rückegassenabstand (8 Bestände)

41–65 m Rückegassenabstand (7 Bestände)

Um den Einfluß unterschiedlicher Erschließungsintensität deutlich zu machen, wurden insbesondere Gruppe 1 als intensive Erschließung und Gruppe 3 als extensive Erschließung miteinander verglichen.

Die Aufnahmemethodik liefert für jeden beschädigten Baum die Entfernung zur nächstliegenden Rückegasse. Aus den Entfernungsangaben aller Bäume kann damit die Verteilung der Rückschäden über den Bestand ausgewertet werden. Dabei wurden die Gruppen unterschiedlicher Erschließungsintensität jeweils getrennt behandelt. Tabelle 9 gibt zunächst den prozentualen Anteil an, mit dem 1 m breite Entfernungsstufen an der Gesamtzahl der beschädigten Bäume eines Bestandes beteiligt sind.

Die unterschiedliche Schadensverteilung über den Bestand ist vor allem aus den laufenden Summenprozenten der Tabelle 9 ersichtlich.

Danach liegen bei einem Rückegassen-Abstand 25–30, im Mittel 28 m

- $\frac{1}{3}$ der Schadbäume bis zu einer Entfernung von ca. 1,3 m vom Rückegassenrand,
- $\frac{1}{2}$ der Schadbäume bis zu einer Entfernung von ca. 3,3 m vom Rückegassenrand,
- $\frac{2}{3}$ der Schadbäume bis zu einer Entfernung von ca. 5,8 m vom Rückegassenrand.

Demgegenüber verteilen sich bei einem Rückegassen-Abstand von 41–65, im Mittel 50 m

- $\frac{1}{3}$ der Schadbäume auf eine Zone von ca. 4,6 m vom Rückegassenrand,
- $\frac{1}{2}$ der Schadbäume auf eine Zone von ca. 8,8 m vom Rückegassenrand,
- $\frac{2}{3}$ der Schadbäume auf eine Zone von ca. 13,9 m vom Rückegassenrand.

Die Aussagekraft zur Schadensverteilung kann gegenüber Tabelle 9 verbessert werden, wenn anstelle des prozentualen Anteils der Entfernungsstufe die eingeführte Kenngröße **Schadensprozent**, bezogen auf 1 m breite Entfernungszonen, verwendet wird.

Tabelle 9: Anteil der einzelnen Entfernungsstufen an der Gesamtzahl der beschädigten Bäume eines Bestandes für unterschiedliche Rückegassenabstände

Entfernung zur Rückegasse (in m)	Rückegassen-Abstand 25–30 m		Rückegassen-Abstand 41–65 m	
	Anteil d. Entfernungs- stufe (in ‰)	lfd. Summe (in ‰)	Anteil d. Entfernungs- stufe (in ‰)	lfd. Summe (in ‰)
0	18,0	18,0	13,0	13,0
1	13,8	31,8	1,8	14,8
2	7,0	38,8	6,3	21,1
3	7,4	46,2	2,7	23,8
4	7,9	54,1	4,5	28,3
5	6,6	60,7	4,9	33,2
6	7,9	68,6	5,4	38,6
7	5,5	74,1	5,8	44,4
8	6,8	80,9	3,6	48,0
9	4,2	85,1	2,7	50,7
10	5,5	90,6	4,9	55,6
11	2,5	93,1	4,5	60,1
12	2,5	95,6	2,7	62,8
13	2,1	97,7	0,4	63,2
14	1,1	98,8	1,8	65,0
15	0,9	99,6	3,6	68,6
16	0,2	99,8	3,6	72,2
17	0,2	100	3,6	73,1
18			2,7	75,8
19			2,7	78,5
20			4,5	83,0
21			1,3	84,3
22			1,8	86,1
23			0,9	87,0
24			2,7	89,7
25			2,7	92,4
26			2,2	94,6
27			2,2	96,8
28			0	96,8
29			1,3	98,2
30			0,9	99,2
31			0,4	99,6
32			0,4	100

Für die erforderliche Umrechnung gilt:

Schadensprozent
der
Entfernungsstufe

=

Schadensanteil
der Stufe aus
Tabelle 9

x

Schadensprozent
des gesamten
Bestandes

x

Flächenanteil der
Entfernungsstufe
in ‰

Zum Flächenanteil der Entfernungsstufen ist zu erläutern, daß jede Entfernungsstufe in einem Bestand doppelt vorkommt, da ausgehend von der Rückescheide das Holz nach beiden Seiten zu der Rückegasse gebracht wird.

Bei einem Schadensprozent des Bestandes von 25 gilt damit für die beiden Gruppen:

– Rückegassen-Abstand $\frac{25-30}{28}$ m:

Schadensprozent der Entfernungsstufe	=	Schadensanteil der Stufe aus Tabelle 9	x 25 x	$\frac{14}{100}$
	=	Schadensanteil der Stufe aus Tabelle 9	x 3,50	

– Rückegassen-Abstand $\frac{41-65}{50}$ m:

Schadensprozent der Entfernungsstufe	=	Schadensanteil der Stufe aus Tabelle 9	x 25 x	$\frac{25}{100}$
	=	Schadensanteil der Stufe aus Tabelle 9	x 6,25	

Über diese Gleichungen kann mit Hilfe der Tabelle 9 das **Schadensprozent jeder Entfernungsstufe** errechnet werden. Die Ausgleichskurve der Entfernungsstufen 1 bis 14 m beziehungsweise 1 bis 25 m ist in Abbildung 11 dargestellt. Die Entfernungszone 0, welche die Rückegassenrandbäume umfaßt, wurde bei der Errechnung der Ausgleichsgeraden nicht einbezogen, da sich diese Zone infolge der zusätzlichen Schäden durch Schlepperfahrten auf der Gasse eindeutig absetzt.

Für die Ausgleichskurven (ohne Entfernung 0) gelten folgende Gleichungen:

– Rückegassen-Abstand $\frac{25-30}{28}$ m:

$$y = (10,80 - 0,66 x + \frac{0,0007}{x}) \cdot 3,5$$

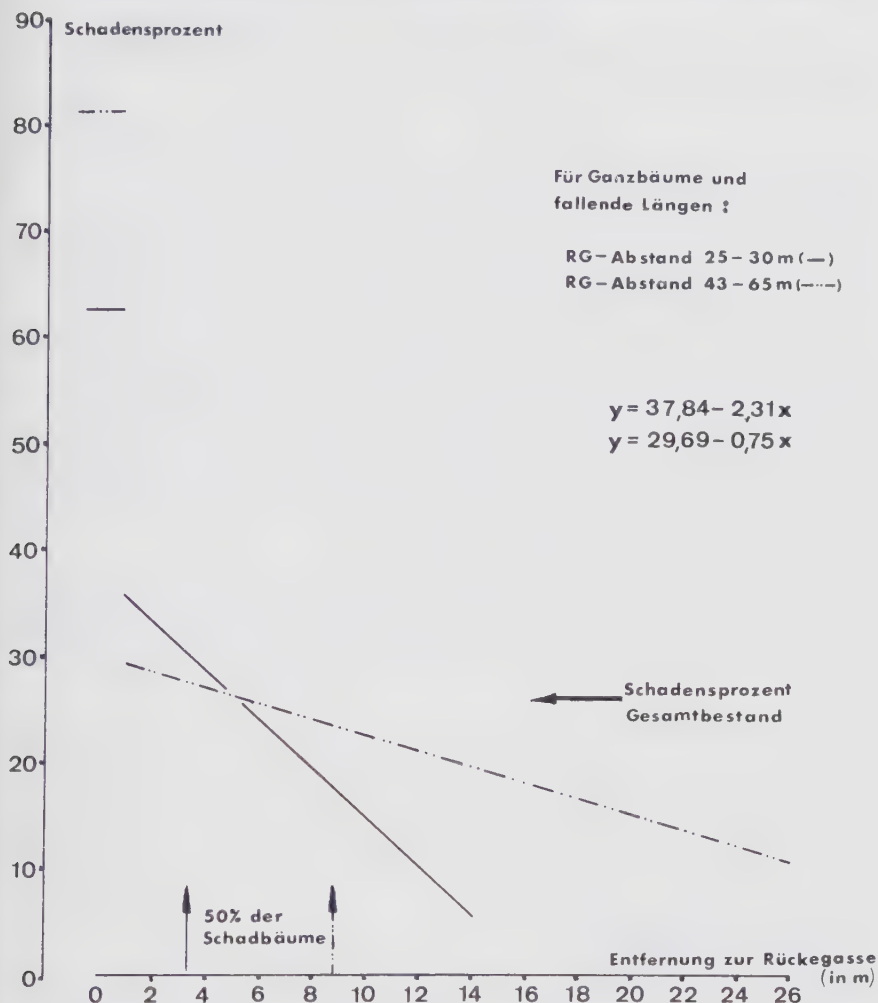
$$r = 0,95$$

– Rückegassen-Abstand $\frac{41-65}{50}$ m:

$$y = (4,74 - 0,12 x + \frac{0,0008}{x}) \cdot 6,25$$

$$r = 0,86$$

Abbildung 11: Schadensprozent in Abhängigkeit von der Entfernung zur Rückegasse



In beiden Gleichungen sind die $\frac{1}{x}$ -Glieder so klein, daß diese Hyperbel mit Ausnahme der Entfernungszone 0 einer Geraden außerordentlich nahe kommt. Der für eine Hyperbel typische Bogen tritt erst bei x-Werten von 0 bis 0,1, damit außerhalb eines Bereiches von praktischer Bedeutung, auf. Deshalb wurde der Geraden als Ausgleichsfunktion trotz verschlechtertem Korrelationskoeffizienten der Vorzug gegeben.

Das nach Entfernungszonen gestaffelte Schadensprozent steigt also linear mit abnehmender Entfernung zur Rückegasse. Das Schadensprozent der Rückegassen-Randbäume (Entfer-

nung 0 m) setzt sich von dieser Gesetzmäßigkeit deutlich ab und erreicht etwa die doppelte Höhe der Entfernungsstufe 1 m. Für die Sonderstellung der Randbäume gibt es vor allem zwei Ursachen:

- das restliche Einschwenken des Holzes in die Achse der Rückegasse wird vollzogen,
- neben den Vorlieferschäden treten Rückeschäden durch die Schlepperfahrten auf der Rückegasse auf.

Diese »Randeinflüsse« führen zu einem Schadensprozent von über 50, in den vorliegenden Auswertungen von 63 beziehungsweise 81 %.

Für das höhere Schadensprozent der Randbäume in der Gruppe der extensiveren Erschließung gegenüber der intensiveren Erschließung gibt es verschiedene Erklärungen:

- eine größere Holzkonzentration bei gleicher Eingriffsstärke auf der Fläche,
- zahlreichere Fahrten der Schlepper auf der Rückegasse durch höhere Massenkonzentration,
- vermutlich stärkeres Schwenken des Holzes, da bei größerem Rückegassenabstand die Fällrichtung in der Regel weniger spitzwinklig (Distanzverkürzung) ist.

Zusammenfassend läßt sich **für den einzelnen Baum** ein straffer **Zusammenhang zwischen der Gefährdung und seiner Entfernung zur Rückegasse** festhalten. Bei einem Rückegassenabstand von 25 bis 30 m steigt die Schadenswahrscheinlichkeit mit jedem Meter, den ein Baum näher an der Rückegasse steht, um 2,3 %. Bei einer Erschließungsdichte von 41 bis 65 m verlangsamt sich dieser Gefährdungsanstieg auf 0,75 % je Meter. Damit ist bei intensiver Bestandeserschließung eine stärkere Differenzierung festzustellen zwischen gassennahen, stärker beschädigten Zonen und gassenfernen, schwächer beschädigten Zonen; die verschieden stark beschädigten Bestandteile wechseln rasch aufeinander. Bei weiten Rückegassenabständen sind die Übergänge allmählicher und die Wechsel weniger häufig.

Die bisherige Darstellung der Verteilung der beschädigten Bäume ging von gleichem Schadensniveau aus. Berücksichtigt man die in Abschnitt 5.2.2.4 gezeigten Einflüsse unterschiedlicher Erschließungsintensität, so ergibt sich für eine der beiden Geraden der Abbildung 11 eine Parallelverschiebung um 3,5 Schadensprozent. Diese Differenz läßt sich aus Tabelle 6 aus den Schadensprozenten bei 25 bis 30, im Mittel 28 m und 41 bis 65, im Mittel 50 m ablesen.

5.2.4.2 Verteilung der Einzelschäden

Während im vorhergehenden Abschnitt die beschädigten Bäume im Mittelpunkt der Auswertung standen, sind es im folgenden die Einzelschäden.

Über das gesamte Versuchsmaterial treffen rechnerisch 1,47 Einzelschäden auf einen beschädigten Baum. In Wirklichkeit streut die Zahl der Beschädigungen je Baum zwischen 1 und 6. Für das Versuchsmaterial aus 1741 Bäumen ergibt sich folgendes Bild:

68,4 % der Bäume haben 1 Schaden

21,1 % der Bäume haben 2 Schäden

6,3 % der Bäume haben 3 Schäden

3,4 % der Bäume haben 4 Schäden

0,7 % der Bäume haben 5 Schäden

0,1 % der Bäume haben 6 Schäden

Vergleicht man für die verschiedenen Arbeitsverfahren die Zahl der Schäden je Baum, so fällt auf, daß die Kurzholzverfahren durch die Konzentration der Schäden an der Rückegasse relativ hoch liegen.

Hinsichtlich der Verteilung der Einzelschäden über den Bestand kann davon ausgegangen werden, daß dieselben Gesetzmäßigkeiten gelten, wie sie im vorigen Abschnitt für die beschädigten Bäume erläutert wurden. Dies läßt sich am Gesamtmaterial für den Einfluß der Baumentfernung zur Rückegasse zeigen:

0 m Entfernung zur Rückegasse 1,8 Schäden je Baum

2 m Entfernung zur Rückegasse 1,6 Schäden je Baum

4 m Entfernung zur Rückegasse 1,5 Schäden je Baum

6 m Entfernung zur Rückegasse 1,4 Schäden je Baum

10 m Entfernung zur Rückegasse 1,3 Schäden je Baum

Entsprechend sind Bäume mit **einer** Beschädigung in der Entfernungszone 0 m von der Rückegasse nur zu 58 % aller beschädigten Bäume vertreten, in der Entfernungszone 10 m dagegen zu 78 %.

5.2.5 Lage des Schadens am Baum

Zur Vervollständigung des Schadensbildes wird ein Überblick über die Lage der einzelnen Schäden am Baum gegeben. Durch die Schadensaufnahme wurde die Lage am Baum in vier Stufen nach der Höhe über dem Boden aufgenommen (vgl. Abschnitt 4.2.2 sowie Aufnahmeanweisung in Anhang 3).

Aus der Höhe über dem Boden lassen sich auch einige Ursachen der Schäden herleiten. Während die exakte Trennung von Bringungs- und Fällschaden aus methodischen Gründen nicht möglich war, kann z. B. aus einer Schadenshöhe von über 1 m im Zusammenhang mit der Schadensform auf Fällschaden geschlossen werden.

Tabelle 10 vermittelt einen Überblick, wie sich die 2566 Schäden insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren auf die vier Gruppen verteilen, die zur Lage am Baum gebildet wurden.

Tabelle 10: Prozentuale Gliederung aller aufgenommenen Schäden nach der Lage am Baum (insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren)

Arbeitsverfahren	prozentuale Verteilg. auf d. Lage-Klassen				
	Zahl d. Schäden	Einzelwurzel	Wurzelkehle	0,3–1,0 m Höhe	oberhalb 1,0 m Höhe
insgesamt	2566	28,1	55,0	14,1	2,8
Ganzbaum-Bringung	1504	22,9	61,6	12,6	2,9
fall. Länge/Schlepper	678	33,6	50,5	14,0	1,9
fall. Länge/Pferd	302	38,4	40,1	17,5	4,0
Kurzholz, Kranlänge	82	40,2	25,6	30,5	3,7

Wie erwartet häufen sich insgesamt die Beschädigungen am Wurzelanlauf, der eine etwa 40 cm breite Zone umfaßt. Es folgen in der anteiligen Bedeutung die Schäden an den flachstreichenden, noch sichtbaren Wurzeln.

Fällschäden, für die der Schadensbegriff zutrifft, machen ca. 2 bis 3 % der Schäden aus, wie übereinstimmend aus Tabelle 10, Lage oberhalb 1,0 m Höhe, und einer Auswertung von entsprechenden Zusatzbemerkungen in einigen Beständen zu entnehmen ist.

Eine differenziertere Betrachtung der Lageangaben nach den untersuchten Arbeitsverfahren macht deutlich, daß beim Ganzbaumrücken die Wurzelbeschädigungen geringer sind, und die Häufung der Schäden in der Wurzelkehle ausgeprägter als bei fallenden Längen ist. Aus dieser Verteilung kann vermutet werden, daß die Äste an den Bäumen ausreichen, um die durch das Gewicht des Baumes verursachten Schäden teilweise zu dämpfen, daß aber seitliche Spann-

gen, wie sie beim Schwenken auftreten, durch die Beastung nicht entscheidend gedämpft werden können.

Ein abweichendes Bild in der Lage der Schäden weist das Kurzholzverfahren auf. Die an den Rückegassen konzentrierten Schäden liegen zu 40 % an den Wurzeln, nur zu 36 % in der Wurzelkehle und zu 31 % in 0,3 bis 1,0 m Höhe am Baum. Die hohen Wurzelbeschädigungen sind auf das Befahren der Rückegasse zurückzuführen.

Einige weitere Zusammenhänge wurden in einer Kovarianzanalyse geprüft:

Lage des Schadens = f (Entfernung zur Rückegasse, Art des Schadens, Brusthöhendurchmesser des Baumes)

Dabei erwies sich die Lage des Schadens als weitgehend unabhängig von der Baumentfernung zur Rückegasse sowie von der Art des Schadens. Dagegen besteht ein schwacher, jedoch signifikanter Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser des Baumes und Lage des Schadens (Korrelationskoeffizient 0,23). Je stärker ein Baum ist, desto tiefer am Baum liegt die Beschädigung. Neben denkbaren Einflüssen aus der Aufnahmemethode und Abgrenzung der Wurzelkehle ist diese Feststellung auch plausibel, denn stärkere Bäume haben stärker hervorragende und damit gefährdete Wurzeln und Wurzelanläufe.

Am Beispiel der drei Versuchsorte, für welche die Wundfäulen ausgewertet wurden (vgl. Abschnitt 5.3.1) fand eine Überprüfung der vier Stufen zur Lageansprache statt, indem das Schadenszentrum bei Fällung der Bäume nach der Fällschnitthöhe eingemessen wurde. Dabei ergab sich, daß der Schadensschwerpunkt

in Königseggwald	8 cm über dem Fällschnitt,
in Königsbrunn	10 cm über dem Fällschnitt und
in Bad Schussenried	1 cm unter dem Fällschnitt

lag. Der Fällschnitt selbst wurde mit 10 cm über Bodenhöhe lokalisiert. Die abweichende Schadenshöhe der Schussenrieder Versuchsfäche wird aus den Standortseigenschaften der Tabelle 13 verständlich. Ein toniger, wechselfeuchter, zur Dichtlagerung neigender Standort führt zu extremer Flachwurzelung bei Fichte. Dadurch sind Wurzelanläufe und oberflächlich sichtbare Wurzeln stark ausgeprägt. Bei der Holzbringung im üblichen Bodenzug treten vermehrt tiefliegende Schäden auf.

5.2.6 Die Art des Schadens

Im Rahmen der Schadensaufnahme wurde mit der Ansprache »Art des Schadens« versucht, neben der Wundgröße ein zusätzliches Merkmal für die Bedeutung der Verletzung zu erhalten. Die Aufnahme erfolgte zunächst in einer 3-Stufung, erst im Rahmen der Auswertung wurde die Zahl der Stufen auf zwei vermindert, um subjektive Einflüsse auszuschalten. Zur Auswertung kamen folgende zwei Schadensarten:

- Holzkörper freiliegend, jedoch nicht beschädigt
- Holzkörper freiliegend, zusätzlich beschädigt

Die erhobenen 2566 Schäden verteilen sich insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren nach der in Tabelle 11 dargestellten Weise auf die Schadensarten.

Den ausgewerteten Gesamtschäden von 2566 sind weitere 30 % zuzuschlagen, soweit auch die Rindenverletzungen, die zwar 10 qcm groß sind, jedoch nicht zu einer Freilegung des Holzkörpers geführt haben, einbezogen werden.

Nach Tabelle 11 überwiegen also die »leichteren« Schäden, die lediglich zu einem Abscheren der Rinde, jedoch zu keiner weitergehenden Holzverletzung geführt haben. Die Ganzbaum-Bringung weist den höchsten Anteil »schwerer« Verletzungen auf. Bereits früher war festgestellt worden, daß große Schäden in der Regel auch tiefere Schäden sind. Beide Merkmale treffen damit für die Ganzbaum-Bringung zusammen.

Mit geringerer Baumentfernung zur Rückegasse nimmt der Anteil der »schweren« Schäden zu (signifikanter Trend); damit läßt sich ebenfalls eine Übereinstimmung mit dem Verlauf der Scha-

Tabelle 11: Prozentuale Gliederung nach der Art der Schäden (insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren)

Arbeits- verfahren	Zahl d. Schäden	prozentuale Verteilung	
		Holzkörper frei- liegend, nicht beschädigt	Holzkörper frei- liegend, zusätz- lich beschädigt
insgesamt	2566	84,4	15,6
Ganzbaum- Bringung	1504	79,8	20,2
fallende Länge/ Schlepper	678	88,5	11,5
fallende Länge/ Pferd	302	96,7	3,3
Kurzholz, Kran- länge	82	90,2	9,8

densgröße feststellen. In Rückegassennähe konzentrieren sich sowohl große als auch tiefe Schäden.

Bei dem hohen Anteil der schlepperbedingten Schäden bei den Kurzholzverfahren überrascht die 90 %ige Beteiligung leichterer Schäden.

5.2.7 Verharzung der Wunde

Grad und Stärke des Harzflusses nach eingetretener Verletzung bestimmen vermutlich in hohem Maße die Infektionsmöglichkeiten für Pilzsporen. Deshalb kommt einer Erfassung des Verharzungszustandes eine gewisse Bedeutung zu. Dies stößt jedoch auf methodische Schwierigkeiten, da die Ansprache der Verharzung, wie sie für Teile des Versuchsmaterials stattgefunden hat, sehr subjektiv ist. Die Ansprache sah die Differenzierung

voll verharzt – teilweise verharzt – nicht verharzt

vor. Davon abgesehen, daß sich der Grad der Verharzung auf die Wundgröße bezog, damit also bereits eine variable Bezugsbasis hatte, erfolgte die Aufnahme der Schäden zu unterschiedlichem Zeitpunkt nach dem Rücken. Der Grad der Verharzung, zumindest aber der optische Eindruck über Harzfluß und Harzperlen, hängt aber wesentlich davon ab, ob die Ansprache z. B. einen Tag oder erst mehrere Monate nach Eintreten der Verletzung erfolgt. Deshalb wurde dieses Kriterium aus der künftigen Schadensansprache, vor allem wenn diese durch die forstliche Praxis erfolgt, herausgenommen.

Trotzdem wurde eine Auswertung des vorhandenen Datenmaterials auf den Verharzungszustand versucht. In Tabelle 12 ist das Ergebnis (in vier bereits 1969 beziehungsweise 1970 aufgenommenen Beständen ist der Verharzungszustand nicht angesprochen) mit der Unterscheidung in Saftzeit und Saftruhe dargestellt.

Trotz der subjektiven Ansprache läßt sich feststellen, daß während der Saftzeit verursachte Schäden zu 59 % voll verharzt waren. Demgegenüber beträgt der entsprechende Anteil außerhalb der Saftzeit nur 36 %. Diese Tendenz ist ausgeprägt, obwohl die Beschädigung im Saft durchschnittlich wesentlich größer ist und aus der Erfahrung der Ansprache eher die Tendenz bestand, große Schäden als geringer verharzt einzustufen.

Tabelle 12: Verteilung der Schäden nach dem Grad der Verharzung in und außerhalb der Saftzeit

	prozentuale Verteilung der Schäden			Zahl d. Schäden
	voll verharzt	teilweise verharzt	nicht verharzt	
Saftzeit	59,2	36,6	4,2	1109
Saftruhe	36,5	48,0	15,5	1144
Gesamtmaterial	47,7	42,4	9,9	2253

Von Interesse ist noch, daß die größten und auch die »schwersten« Schäden (mit beschädigtem Holzkörper) in der Aufnahme den geringsten Verharzungsgrad erhielten. Auch die Lage der Verletzung am Baum beeinflußt den Harzfluß, indem Wurzelverletzungen in der Regel weniger stark verharzen als höher am Schaft liegende Beschädigungen.

5.3 Wundfäulen und ihre phytopathologische Auswertung

Die Rückeverletzungen als biologische Schädigung des Baumes schaffen die Voraussetzungen für Wundfäulen, die zu einer Minderung des technischen Gebrauchswertes des Holzes und damit zu einem wirtschaftlichen Schaden führen können. In dieser Beziehung müssen Rückeschäden in ihren Auswirkungen wie Schälgeschäden durch Rotwild oder andere Baumbeschädigungen gesehen werden. Andererseits müssen gewisse Unterschiede zu den Schälgeschäden bei der durchschnittlichen Größe der Verletzung und in der Lage am Baum beachtet werden.

Bei der Besprechung der Folgeschäden wird in zwei verschiedenen Abschnitten dargestellt

- ob nach einer Rückeverletzung Folgeschäden eingetreten sind oder nicht,
- wie weit diese Folgeschäden fortgeschritten sind.

Darüber hinaus wird der Schadensverlauf im Holz beschrieben und das typische Schadensbild charakterisiert.

Aus dem Bereich der Wundfäulen wurden Abimpfungen zur Bestimmung der an der Infektion beteiligten Pilze und weiteren Mikroorganismen durchgeführt, deren Ergebnis abschließend dargestellt wird.

5.3.1 Die ausgewählten Bestände für die Wundfäule-Untersuchung

Die Folgeschäden konnten nicht am Gesamtmaterial, das der Untersuchung der quantitativen Aspekte der Rückeschäden zugrunde lag, untersucht werden. Zur Beurteilung möglicher Folgeschäden muß neben die Tatsache der Baumverletzung der Zeitfaktor treten, in dem eine Infektion eintreten beziehungsweise abgewehrt werden kann. Dieser Zeitraum zwischen Schadensverursachung und Auswertung auf möglichen Fäulebefall ist deshalb bei der überwiegenden Zahl der Probeflächen aus den Jahren 1975 und 1976 zu kurz, um eine aussagefähige Beurteilung zuzulassen.

Die Untersuchung über die Folgeschäden stützt sich deshalb nur auf einen kleinen Teil der Versuchsflächen; ausgewählt wurden die drei ältesten Flächen aus den Jahren 1969, 1970 und 1971. Damit kann wenigstens ein Überblick über einen 5- bis 7jährigen Zeitraum vermittelt werden.

Die drei Bestände in den staatlichen Forstämtern Bad Schussenried und Königsbronn sowie im Gräflichen Forstamt Königseggwald weisen nach geologischem Ausgangsmaterial und wachstumsbestimmenden Standortfaktoren recht unterschiedliche Verhältnisse auf. Tabelle 13 faßt die wichtigsten standortkundlichen Faktoren, die der Standortkartierung der jeweiligen Wäldungen entnommen sind, zusammen. In allen Fällen handelt es sich um gute bis sehr gute Fich-

ten-Bonitäten. Geringere Bonitäten konnten aus den dargelegten Gründen zunächst in die Untersuchung nicht einbezogen werden.

Neben den Standortverhältnissen sind in Tabelle 14 die wesentlichen Daten zu den Versuchsflächen und zum Bestand wiedergegeben. Witterungsdaten aus Höhenlage, Niederschlag und mittlerer Jahrestemperatur unterscheiden sich in den drei Versuchsflächen nur wenig, obwohl das Klima von Königsbronn mehr kontinental geprägt ist. Die Klimawerte sind zum Teil im Anhalt an Mittelwerte der Wuchsbezirksgruppen nach G. Schlenker / S. Müller (1973/1975) hergeleitet. Die restlichen Werte entstammen den Forsteinrichtungswerken beziehungsweise den Unterlagen zur Versuchsanlage. Das Bestandesalter variierte zum Zeitpunkt der Versuchsanlage von 40 bis 56 Jahre.

Tabelle 13: Geologisches Ausgangsmaterial und Standortverhältnisse der drei auf Wundfäulen ausgewerteten Versuchsbestände

Versuchsbestand	geologisches Ausgangsmaterial	Standortsbeschreibung (nach Standortkartierung)
Bad Schussenried	Altmoräne (Risseiszeit) Grundmoräne aus kalkreichem, wenig tief verwittertem Geschiebemergel	Standortseinheit: Oxalis-Carex-silvatica-Typ des Ei-Bu-Waldes auf tonigem Lehm schwerer, toniger, humoser, basenreicher, frisch bis wechselfeuchter Geschiebelehm mit primärer Dichtlagerung und Vernässungsneigung Fi mit guter Bonität, jedoch flachwurzeln und sehr sturmgefährdet.
Königsbronn Probefl. 1 + 2	diluviale Decklehme durch Verwitterung bzw. Verlagerung entstandene Schlufflehme mit wechselndem Feuersteingehalt	Standortseinheit: frischer Schlufflehm – Bu-Wald tiefgründiger, frischer, nährstoffreicher Schlufflehm mit wenigen Feuersteinen, in flachen Senken mit seitlichem Wasserzug (vermutlich spätmittelalterliche Siedlung) sehr gute Fi-Bonität auf stabilem Standort
Probefl. 3–6		Standortseinheit: Hainsimsen-Bu-Wald auf Schlufflehm, teils Ockerlehm im Unterboden tiefgründiger Schlufflehm mit wechselndem Feuersteingehalt gute Fi-Bonität mit Gefahr der Boden-degradation bei dauerndem Reinanbau
Königseggwald	Jungmoräne (Würmeiszeit) Mischbildung von Geschiebemergel und stark sandigem Kies	Standortseinheit: frischer Seegras-Bu-Ta-Wald wasserdurchlässiger, nährstoffreicher, tiefgründiger, stark sandig-kiesiger Lehm mit Moder oder Mull sehr gute Fi-Bonität

Tabelle 14: Versuchsflächen- und Bestandesbeschreibung der auf Wundfäulen ausgewerteten Bestände

	Versuchsfläche		
	Bad Schussenried	Königsbronn	Königseggwald
Waldbesitz	Staat	Staat	Graf Königsegg
Waldort	Distr. XIX, Abt. 10	Distr. II, Abt. 12	Hoßkirch Abt. 24
Höhenlage	600 m NN	670 m NN	645 m NN
Jahresniederschlag*	830 mm	890 mm	920 mm
mittl. Jahrestemperatur*	7,3 °C	7,1 °C	7,2 °C
Flächengröße	0,48 ha	1,12 ha	1,31 ha
Zahl d. Probeflächen	3	6	3
mittl. Hangneigung	0 %	0 %	0–3 %
Bestandesalter** (1976)	62 Jahre	56 Jahre	47 Jahre
mittl. BHD (1976)	27,0 cm	26,3 cm	17,9 cm
Baumartenanteile** auf Probeflächen			
Fi dGZ ₁₀₀	Fi 100 12**	Fi 95 Lã 5 13**	Fi 95 Fo 5 14

* im Anhalt an Schlenker / Müller (1973, 1975)

** nach den jeweiligen Forsteinrichtungswerken

Tabelle 15: Beobachtungszeitraum und Umfang der Wundfäule-Auswertungen in den ausgewählten Versuchsbeständen

	Versuchsfläche		
	Bad Schussenried	Königsbronn	Königseggwald
Beginn der Beobachtung	April/Mai 1970	Jan. 1971	Nov. 1969
Zeitpunkt der Auswertung	Probefl. 1+2: Okt. 1975 Probefl. 3: Mai 1976	Okt. 1976	Nov. 1976
Beobachtungszeitraum	Probefl. 1+2: 5,5 Jahre Probefl. 3: 6,0 Jahre 6 Vegetationsperioden	5,7 Jahre 6 Vegetationsperioden	7,0 Jahre 7 Vegetationsperioden
Baumzahl der Fläche bei Beginn der Beobachtung (je ha)	462 (963)	849 (758)	2098 (1602)
Zahl der beim letzten Eingriff beschädigten Bäume	159	274	149
Zahl der ausgewerteten beschädigten Bäume	75 (47 %)	89 (33 %)	63 (42 %)
Zahl der ausgewerteten einzelnen Rückeschäden	137	211	79

Da Beobachtungsbeginn und Aufnahme der Rückeschäden in den drei Flächen zwischen 1969 und 1971 schwankte, ergaben sich bis zum Zeitpunkt der Auswertung unterschiedlich lange Beobachtungsintervalle zwischen 5,5 und 7,0 Jahren. In Tabelle 15 sind die wichtigsten Angaben zur Versuchsanlage, Beobachtungsdauer und Auswertungsumfang wiedergegeben. Danach sind in allen drei Versuchsf lächen zusammen

427 einzelne Rückeschäden beziehungsweise

227 beschädigte Bäume

auf Folgeschäden untersucht worden.

Daß der angestrebte relative Anteil der auszuwertenden Bäume nicht genau erreicht wurde, hat verschiedene Ursachen:

- in allen drei Flächen wurden einige Bäume in einem Vorversuch, der die Auswertungsmethode klären sollte, entnommen,
- in der Schussenrieder Probefläche sind einige Bäume vom Sturm geworfen worden, in Königseggwald fiel im Winter 1973 in größerem Umfang Schneebruch an.

Die verbliebenen Schadbäume und Einzelschäden sind zur Auswertung zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen, um damit Umfang und Entwicklung von Folgeschäden über einen längeren Zeitraum zu beobachten.

5.3.2 Erweiterter Begriff des Schadens

In Tabelle 2 und Abschnitt 5.2.1 wurden die beiden Schritte zur Verdichtung der gesamten Versuchsdaten beschrieben.

In der Folge wurde unter »Schaden« (vgl. auch Aufnahmeanweisung in Anhang 3) nur eine mindestens 10 qcm große Rückeverletzung mit freiliegendem Holzkörper verstanden. Dieser Schritt zur Aussonderung der sogenannten »Kleinschäden« wurde aus Gründen der Auswertungsvereinfachung und zur Objektivierung vorgenommen. Diese Vereinfachung wurde letztlich jedoch erst zulässig nach Auswertung der Folgeschäden. Insoweit haben Aufnahmeanweisung 1975 und Auswertung der quantitativen Aspekte bereits Ergebnisse vorweggenommen, die in den folgenden Abschnitten darzustellen sind.

Die Auswertung auf Folgeschäden umfaßt in Ausweitung des Schadensbegriffs auch die »Kleinschäden« mit einer Wundgröße von unter 10 qcm und Beschädigungen mit anliegender Rinde. Alle Schadensaufnahmen hatten diese »Kleinschäden« miterfaßt. Eine Einschränkung muß erwähnt werden, die u. a. auch zum künftigen Verzicht auf die Kleinschadensaufnahme geführt hat: je kleiner und unscheinbarer der Schaden, desto stärker kommen subjektive Genauigkeitsansprüche des Aufnehmenden zur Geltung.

Wenn in der Ergebnisdarstellung der Folgeschäden der Begriff des »Fäuleprozents« Verwendung findet, so darf diese Kennziffer **nicht ohne weiteres auf das** in Abschnitt 5.2 gebrauchte **Schadensprozent angewandt werden.** Das unter Einbeziehung der »Kleinschäden« hergeleitete Fäuleprozent ist zu nieder, um auf den engeren Schadensbegriff des Abschnitts 5.2 unmittelbar übertragen zu werden. In einem abschließenden Kapitel wird die Verbindung vom Fäuleprozent zum Schadensprozent hergestellt und damit auch eine umfassendere Beurteilung der Rückeschäden ermöglicht.

5.3.3 Das Fäuleprozent und seine Beeinflussung

Das Fäuleprozent kann sowohl auf die beschädigten Bäume als auch auf die einzelnen Rückeschäden bezogen werden. Soweit keine abweichende Erläuterung der Bezugsbasis erfolgt, wird bei der Untersuchung der verschiedenen Einflüsse, die auf die Höhe des Fäuleprozents einwirken, das **Fäuleprozent auf den Einzelschaden bezogen.** Die verschiedenen Einflußfaktoren variieren deshalb überwiegend von Verletzung zu Verletzung. Soweit Konsequenzen aus dem Umfang der Fäulnis in waldbaulicher oder betriebswirtschaftlicher Hinsicht zu ziehen sind, interessiert auch das baumbezogene Fäuleprozent.

Als **Fäuleprozent** wird der **Anteil an der Gesamtheit der Schäden** (beziehungsweise der

Schadbäume) bezeichnet, **der zu Wundfäule geführt hat**. Verletzungen, die zwar Zellreaktionen und Farbveränderungen verursacht hatten, bei denen aber die typischen Rotfäulesymptome nicht feststellbar waren, wurden als gesund angesprochen.

5.3.3.1 Fäuleprozent der verschiedenen Versuchsflächen

Die drei Versuchsflächen sind durch unterschiedliche Standorts-, Wuchs- und Bestandesbedingungen gekennzeichnet. Demzufolge könnte auch in der Wechselwirkung zwischen infizierendem Pilz und abwehrendem Baum eine unterschiedliche Konstellation und ein voneinander abweichendes Ergebnis dieser biologischen Vorgänge erwartet werden. In Tabelle 16 sind die Fäuleprozente, auf die Schadbäume und auf die einzelnen Rückeschäden bezogen, für die drei Versuchsflächen aufgeführt.

Die Versuchsbestände Bad Schussenried und Königsbronn wurden zusätzlich unterteilt:

- in Bad Schussenried wurde Probefläche 1 außerhalb der Saftzeit gerückt und beschädigt, die Probeflächen 2 + 3 dagegen während der Saftzeit;
- in Königsbronn gehört der Bereich der Probeflächen 1 bis 3 einer anderen Standortseinheit an. Außerdem liegt dieser Bestandesteil vermutlich auf einer Siedlungsfläche des späten Mittelalters.

Eine Häufigkeitsanalyse nach dem Chi-Quadrat-Test (E. Weber 1964, W. Schmidt 1961), der das Maß der Übereinstimmung von Verteilungen prüft, erlaubt im vorliegenden Fall die Beurteilung, ob die Fäuleprozente der fünf verschiedenen Versuchskollektive nur zufällig voneinander abweichen. Nach dem Testergebnis sind die **auf die Schadbäume bezogenen Fäuleprozente** der verschiedenen Versuchsflächen **signifikant verschieden** voneinander (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit).

Tabelle 16: Fäuleprozent nach Versuchsflächen mit der Bezugsbasis Schadbäume und Einzelschäden

Versuchsfläche/ Probefläche	Bezugsbasis Schadbäume		Bezugsbasis Einzelschäden	
	Zahl der Beobachtungen	Fäuleprozent (der Schad- bäume)	Zahl der Beobachtungen	Fäuleprozent (der Einzel- schäden)
Bad Schussenried/P 1	26	31	59	20
Bad Schussenried/P 2–3	49	45	78	30
zusammen	75	40	137	26
Königsbronn/P 1–3	51	47	130	25
Königsbronn/ P 4–6	38	24	81	12
zusammen	89	37	211	20
Königseggwald	63	21	79	17
sämtliche Flächen	227	34	427	21

Eine Zusammenfassung aller Versuchsflächen und Mittelbildung ist in strengem Sinn also nicht zulässig. Demgegenüber sind die Unterschiede der **auf die Einzelschäden bezogenen Fäuleprozente** nur **zufälliger Art** und stehen einer Zusammenfassung nicht entgegen. Das Fäule-

prozent steigt nach Tabelle 16 vom geringsten Wert in Königseggwald über Königsbronn zum höchsten Anteil in Bad Schussenried.

Die umgekehrte Reihenfolge ergibt sich bei einem Vergleich der Fichten-Bonitäten und der Jahresniederschläge. Königseggwald hat jeweils den höchsten, Bad Schussenried den geringsten Wert zu verzeichnen. Aus den Versuchsdaten und der Aufnahmemethodik kann nicht geklärt werden, ob die unterschiedlichen Fäuleprozente der Versuchsflächen auf Bonität und Niederschlagshöhe zurückzuführen sind. Es konnte nicht Ziel dieser Untersuchung sein, den Faktorenkomplex Standort/Wuchsverhältnisse/Pilzaggressivität/Bestandesverhältnisse zu analysieren.

Große Unterschiede im Fäuleprozent ergeben sich innerhalb der nochmals unterteilten Versuchsflächen Bad Schussenried und Königsbronn. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß die Belegung der einzelnen Unterteile rasch abnimmt und dadurch der Nachweis signifikanter Unterschiede nicht möglich ist. Ein höheres Fäuleprozent hat in Bad Schussenried der Teil der Versuchsfläche, dessen Schäden im Saft verursacht wurden. Auf der Fläche Königsbronn fällt das höhere Fäuleprozent mit dem besten Standort und der alten Siedlungsfläche zusammen. Diese Tendenz steht damit scheinbar im Widerspruch zu der standörtlichen Reihung innerhalb der drei Versuchsorte.

Zusammenfassend **zum Fäuleprozent** verdient nochmals festgehalten zu werden, **daß nur jede fünfte Verletzung zu einer Wundfäule geführt hat, und daß infolge der teilweisen Summierung mehrerer Schäden an einem Baum etwa jeder dritte beschädigte Baum erfolgreich von Fäuleerregern infiziert wurde.**

5.3.3.2 Stärke des Baumes

Zur Prüfung, ob die soziologische Stellung des Baumes einen Einfluß auf das Fäuleprozent hat, wurde der Bruthöhendurchmesser des Baumes herangezogen. Zwar war in einigen der ersten Aufnahmen nach dem Verfahren 1969 auch die soziologische Stellung des beschädigten Baumes angesprochen worden. Es hat sich jedoch bei zahlreichen Aufnahmen gezeigt, daß die Zuordnung des Baumes in einer der fünf Baumklassen nach Kraft subjektiven Einflüssen unterliegt. Deshalb wurde als Hilfsgröße der gemessene Bruthöhendurchmesser herangezogen. Die Untersuchung des Einflusses der Baumstärke erfolgte einzeln für jeden der drei Versuchsbestände. Das Ergebnis ist nicht einheitlich.

- In der Fläche Bad Schussenried besteht nur ein sehr geringer Zusammenhang. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,04$ ist der Einfluß nicht signifikant.
- Dasselbe Ergebnis mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,003$ brachte die Versuchsfläche Königseggwald.
- Dagegen ließ sich für den Versuchsbestand Königsbronn ein Einfluß der Baumstärke auf das Fäuleprozent nachweisen: Mit steigendem Bruthöhendurchmesser nimmt das Fäuleprozent ab.

Als Beziehung wurden ermittelt:

$$y = -1,47x + 56,56 \quad r = -0,16$$

BHD = unabhängige Variable

Fäuleprozent = abhängige Variable

Der noch immer geringe Korrelationskoeffizient ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant von 0 verschieden.

Über alle drei Versuchsflächen ergab sich stets derselbe Trend, ein abnehmendes Fäuleprozent an den herrschenden und vorherrschenden Bäumen, jedoch nur für eine Fläche erreichte der Trend eine signifikante Größenordnung.

Zum gleichen Ergebnis führt der t-Test am mittleren Bruthöhendurchmesser der faulen und gesunden Bäume.

5.3.3.3 Die Schadensgröße

Da die Pilzsporen und andere Mikroorganismen über die Wundfläche ihren Einfluß entfalten, muß erwartet werden, daß die Größe der Verletzung ein wesentliches Kriterium für die Infektionswahrscheinlichkeit darstellt. Es kann eine mit der Wundgröße steigende Infektionsgefahr vermutet werden.

Um den Einfluß der Wundgröße auf das Fäuleprozent (der Einzelschäden) zu untersuchen, muß zunächst geklärt werden, ob der Zusammenhang für jede der drei Versuchsflächen oder für das Material insgesamt geprüft werden kann; hierzu eignet sich wiederum der Chi-Quadrat-Test. Zunächst werden die Fäuleprozente der drei Versuchsflächen nach Wundgrößen-Klassen stratifiziert. Folgende Klassen werden gebildet:

Klasse I	0– 10 qcm Wundgröße
Klasse II	11– 30 qcm Wundgröße
Klasse III	31– 50 qcm Wundgröße
Klasse IV	51– 100 qcm Wundgröße
Klasse V	101–200 qcm Wundgröße
Klasse VI	> 200 qcm Wundgröße

Infolge geringer Belegung werden die Klassen V und VI für eine Reihe von Auswertungen zusammengefaßt.

Für jede Schadensgrößenklasse wird durch den Chi-Quadrat-Test geprüft, ob die Unterschiede zwischen den drei Versuchsflächen einer Zusammenfassung entgegenstehen. Die Chi-Quadrat-Werte für jede Schadensgrößenklasse liegen unter den entsprechenden Tafelwerten mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit. Die Zahl der Freiheitsgrade ist bei drei Versuchsflächen und zwei Alternativen Gesund / Faul $(3-1) \times (2-1) = 2$. Für das Gesamtmaterial aus allen Größenklassen kann derselbe Test Anwendung finden, indem die klassenweisen Chi-Quadrat-Werte und ebenfalls die Zahl der Freiheitsgrade addiert werden. Das Test-Ergebnis erlaubt die Zusammenfassung aller Wundgrößenklassen und aller Versuchsflächen. Damit kann der Einfluß der Wundgröße auf das Fäuleprozent am Gesamtmaterial aus 427 Einzelschäden untersucht werden.

Da diese Auswertungsschritte nicht über EDV erfolgten, wurde die Abhängigkeit nicht aus der Eingabe der 427 Einzelwerte, die jeweils das Fäuleprozent 0 (gesund) oder 100 (wundfaul) haben, vorgenommen. Vielmehr wurden 43 Klassen mit je 10 (die letzte nur 7) Werten gebildet und das für 10 Werte gemittelte Fäuleprozent als Eingabe verwendet. Auf die Form der Beziehung hat dieses Vorgehen keinen Einfluß, wohl aber auf den ausgeworfenen Korrelationskoeffizienten, der höher liegt als bei Eingabe der Einzelwerte.

Der auf diesem Weg ermittelte Zusammenhang ist, zusammen mit dem Fäuleprozent der oben angeführten fünf Wundgrößenklassen, in Abbildung 12 dargestellt.

Als mathematische Beziehung wurde eine Gleichung der allgemeinen Form

$$y = a + b \sqrt{x}$$

gewählt, da sich eine Parabel den Einzelwerten wesentlich besser anpaßt als eine Gerade (Korrelationskoeffizient von 0,73 auf 0,83 verbessert). Die Hereinnahme eines weiteren linearen Gliedes in die Gleichung bringt zwar eine noch bessere Anpassung, jedoch fällt die Kurve bei hohen Wundgrößen wieder ab. Dieser Effekt entspricht nicht dem wirklichen Verlauf des Fäuleprozents und ist ausschließlich der unterschiedlichen Belegung mit Versuchsdaten zuzuschreiben.

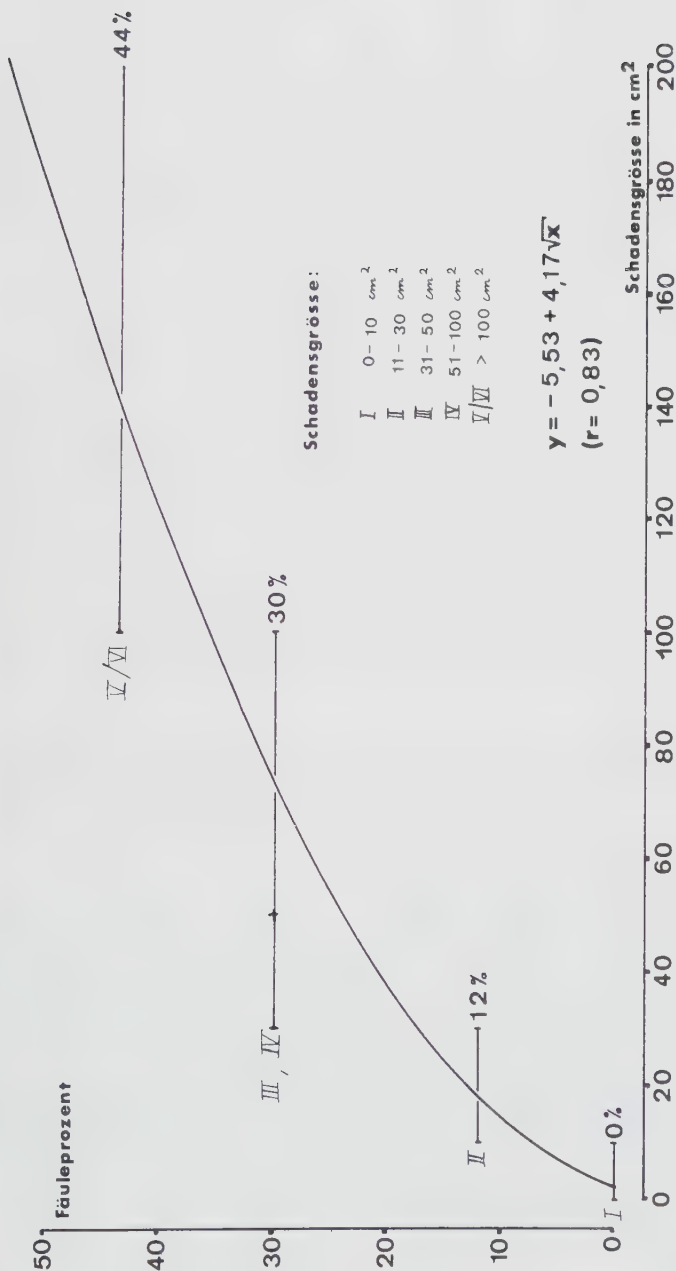
Für die drei Versuchsflächen errechnet sich folgende Ausgleichskurve der oben genannten Form

$$y = -5,53 + 4,17 \sqrt{x}$$

Für die Wundgrößenklassen wurden folgende **Fäuleprozente** ermittelt:

I Wundgröße	0– 10 qcm	0 %
II Wundgröße	11– 30 qcm	12 %
III Wundgröße	31– 50 qcm	30 %

Abbildung 12: Fäuleprozent in Abhängigkeit von der Schadensgröße



IV Wundgröße	51–100 qcm	30 %	} 44 %
V Wundgröße	101–200 qcm	39 %	
VI Wundgröße	> 200 qcm	59 %	

Wie aus Abbildung 13 ersichtlich wird, sind die Unterschiede zwischen den drei Versuchsflächen nicht sehr ausgeprägt, wenn man berücksichtigt, daß die Klassen mit höheren Wundgrößen nur ungleichmäßig und schwach belegt sind.

Für die Wundgrößenklasse 0–10 qcm, die mit insgesamt 85 Werten = 20 % der Schäden belegt ist, konnte in allen Versuchsflächen das Fäuleprozent 0 ermittelt werden. Insoweit ist der in Abschnitt 5.3.2 erläuterte und in 5.2 für die Schadensaufnahme angewandte Schadensbegriff gerechtfertigt. **Kleinschäden von weniger als 10 qcm sind belanglos** und führen in der Regel nicht zu einer Infektion durch holzzerstörende Mikroorganismen. Es gibt dafür im wesentlichen zwei Begründungen:

- die durch die Wunde dargebotene Infektionsfläche läßt weniger Erreger auftreten,
- die Abwehrkräfte des Baumes sind bei kleinen Verletzungen ausreichend groß, um eine Fäuleinfektion abzuwehren. Kleine Verletzungen sind im übrigen häufig als »vollverharzt« angesprochen worden.

In der Wundgrößenklasse 11–30 qcm führt jeder achte bis neunte Schaden zu einer Wundfäule. Auch von dieser Größengruppe geht deshalb noch keine allzu große Gefahr aus. Diese Klasse ist mit 118 Werten = 28 % aller Schäden belegt. Damit fallen in die beiden kleinsten Größenklassen nahezu die Hälfte aller Schäden, ohne daß damit eine wesentliche Gefährdung für den Bestand verbunden wäre.

In der Fäulegefahr lassen sich die Wundgrößenklassen 31–50 und 51–100 qcm zusammenfassen; beiden ist das Fäuleprozent 30 gemeinsam, d. h. etwa jede dritte Beschädigung führt zu einer Wundfäule. Schwerwiegender ist die Gefährdung in der Größenklasse 100–200 qcm, um bei über 200 qcm sogar auf 60 % und mehr anzusteigen. Ab etwa 30 qcm Wundgröße beginnt damit die im engeren Sinn »gefährliche« Verletzung. Soweit durch die Verfahrenswahl Schäden nicht ausgeschlossen werden können, müssen ab dieser Grenze geeignete Schutzmaßnahmen erwogen werden.

5.3.3.4 Art der Verletzung

In der Schadensaufnahme der älteren Versuchsflächen wurde die Art der Verletzung in fünf Stufen (vgl. Aufnahmevordrucke in Anhang 2) angesprochen, die für die Auswertung zu drei Stufen verdichtet wurden.

- Rinde beschädigt, jedoch anliegend
- Holzkörper freiliegend, jedoch nicht verletzt
- Holzkörper freiliegend, zusätzlich verletzt

Neben dem Einfluß der Wundgröße auf das Fäuleprozent wird im nächsten Schritt der Auswertung noch die Art der Verletzung einbezogen. Die Art der Verletzung ist als qualitative Größe angesprochen. Das Untersuchungsmaterial wird nach den drei typischen Verletzungsarten stratifiziert und das Fäuleprozent für jedes Stratum über der Wundgröße dargestellt. Der Auswertung ging wiederum je Stratum und insgesamt die Prüfung nach dem Chi-Quadrat-Test voraus, ob das Material der drei Versuchsflächen zusammengefaßt werden kann. Die Frage kann sowohl je Schadensart als auch für das Gesamtmaterial bejaht werden.

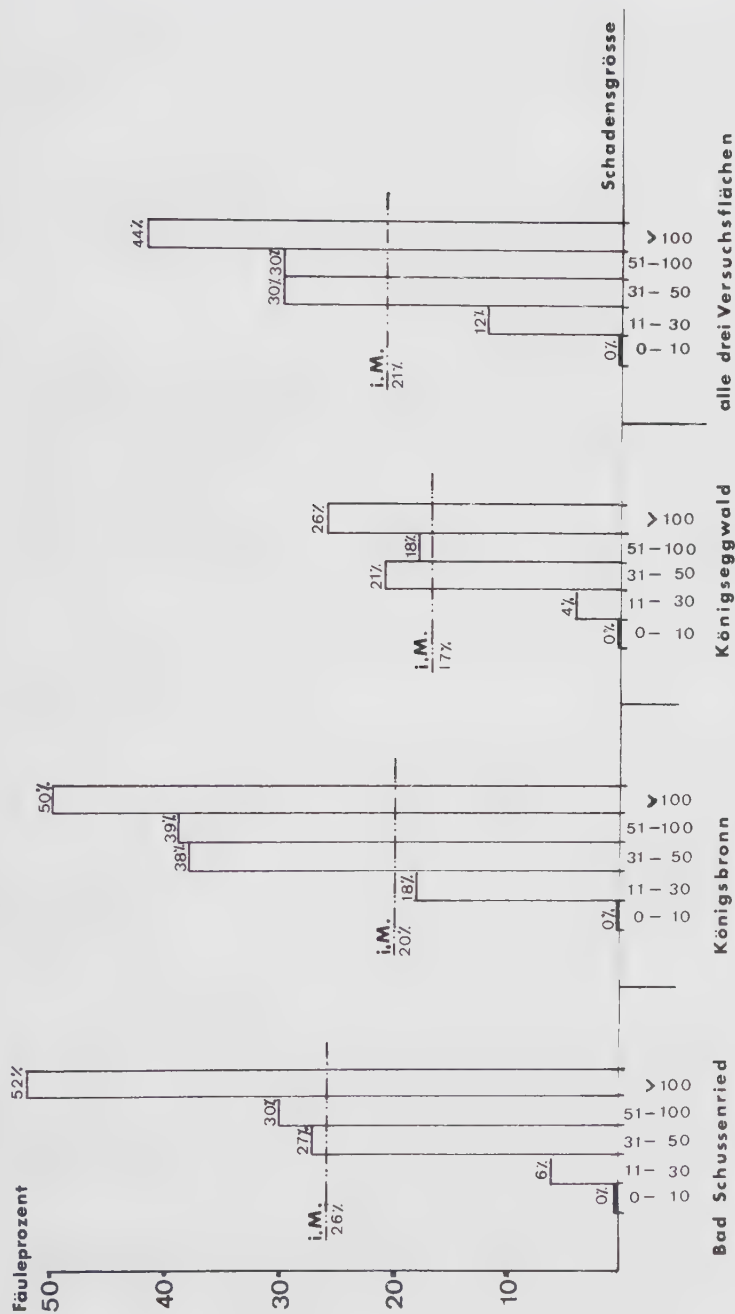
Für die Beziehungen zwischen Fäuleprozent und Wundgröße gilt die im vorigen Abschnitt dargestellte allgemeine Form. Für die drei Verletzungsarten wurden folgende Gleichungen hergeleitet (für den Korrelationskoeffizienten gelten jeweils die in Abschnitt 5.3.3.3 gemachten Einschränkungen):

- Rinde beschädigt, jedoch anliegend:

$$y = -0,14 + 0,34 \sqrt{x}$$

$$(r = 0,52)$$

Abbildung 13: Fäuleprozent für 5 Schadensgrößen-Klassen im Vergleich der drei Versuchsflächen



- Holzkörper freiliegend, jedoch nicht verletzt:

$$y = -0,15 + 4,38 \sqrt{x}$$

$$(r = 0,91)$$

- Holzkörper freiliegend, zusätzlich verletzt:

$$y = -9,42 + 8,59 \sqrt{x}$$

$$(r = 0,96)$$

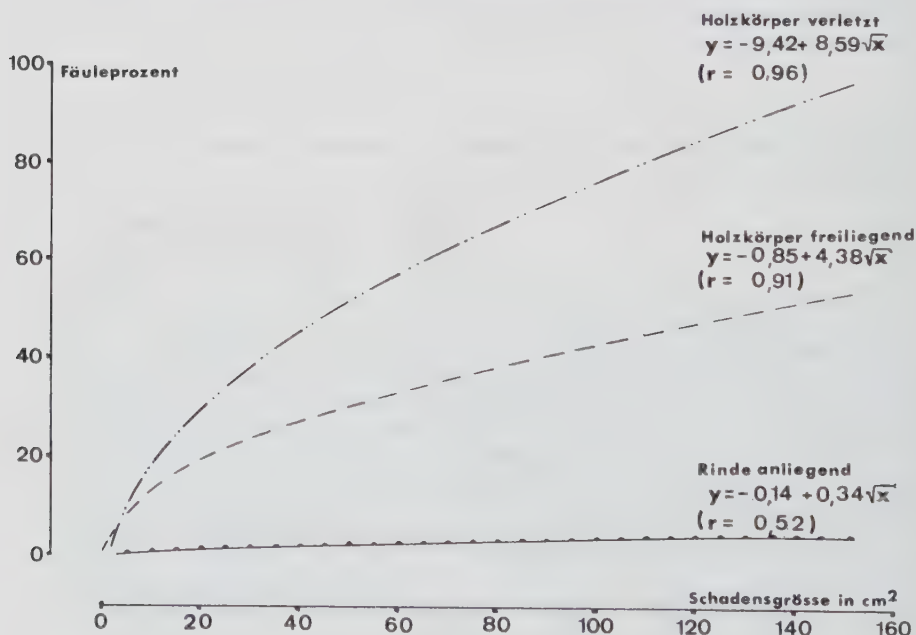
Die aufgeführten Beziehungen sind in Abbildung 14 für die drei Verletzungsarten dargestellt. Es ergibt sich eine überraschend klare Abhängigkeit des Fäuleprozents von der Art der Verletzung bei gleicher Wundgröße, was an einem Beispiel verdeutlicht werden soll:

Ein Schaden der Größe 100 qcm wird

- in 2 % der Fälle faul, wenn die Rinde noch anliegt
- in 47 % der Fälle faul, wenn der Holzkörper freiliegt
- in 84 % der Fälle faul, wenn der Holzkörper zusätzlich verletzt ist.

Aus diesem Ergebnis ist im Hinblick auf die Definition des Schadensbegriffs (vgl. Anhang 3) der Schluß gezogen worden, daß **Schäden mit** verletzter, aber noch **anliegender Rinde** nahezu unbedeutend sind und in dieser Beziehung mit den Kleinschäden unter 10 qcm gleichgesetzt werden können. In die Schadensgruppe mit anliegender Rinde fallen 33 % aller aufgenommenen Schäden der drei Versuchsflächen. Dabei ist diese Gruppe in der Klasse der kleinsten Schäden mit 45 %, in der Klasse der größeren Schäden mit ca. 25 % vertreten. Unter Berücksichtigung dieses Ergebnisses konnte das Rückeschaden-Aufnahmeverfahren weiter vereinfacht und objektiviert werden, denn gerade die Aufnahme der Schäden mit verletzter und anliegender Rinde war sehr subjektiv beeinflusst.

Abbildung 14: Fäuleprozent in Abhängigkeit von Schadensgröße und Art der Verletzung



Die Schäden mit freiliegendem, aber nicht verletztem Holzkörper überwiegen zahlenmäßig mit 62 % und repräsentieren annähernd die durchschnittlichen Fäuleprozente des Bestandes. Demgegenüber sind die schweren Verletzungen, bei denen neben der Rinde auch der Holzkörper verletzt wurde, nur zu gut 5 % an den Gesamtschäden beteiligt. Sie führen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu Wundfäule.

Bei Auswertung der Fäuleschäden in den Versuchsbeständen wurde jeweils festgehalten, ob nach dem Zeitraum von 5 bis 7 Jahren die Verletzung beziehungsweise ihre Überwallung okular noch sichtbar waren. In den Versuchsflächen waren zur leichteren Wiederauffindung alle Schäden durch Farbmarkierungen bleibend sichtbar gemacht worden. Am Beispiel der Fläche Königsbronn ergab die Sichtbarkeitsprüfung für die drei Schadensarten:

Rinde verletzt, jedoch anliegend	– 58 % nicht mehr sichtbar
Holzkörper freiliegend, unverletzt	– 12 % nicht mehr sichtbar
Holzkörper freiliegend und verletzt	– 4 % nicht mehr sichtbar

Diese zusätzliche Ansprache hat bestätigt, daß leichte Rindenverletzungen bereits nach wenigen Jahren nicht mehr sichtbar sind. Dagegen wurden sämtliche Schäden, die zu Wundfäule geführt haben, als äußerlich noch sichtbar – häufig Holzkörper noch freiliegend, seltener Überwallungswülste geschlossen – angesprochen.

5.3.3.5 Lage des Schadens am Baum

Während bei der Schadensaufnahme die Lage am Baum in vier Stufen angesprochen wird, wurde bei der Auswertung der Rotfäuleschäden jeder Schaden durch seine Entfernung zum Fällschnitt zusätzlich lokalisiert.

- 30 % der Schäden lagen tiefer als der Fällschnitt
- 13 % der Schäden lagen im Bereich des Fällschnitts ($\pm 2,5$ cm)
- 57 % der Schäden lagen über dem Fällschnitt

(vgl. auch Tabelle 10).

Der Einfluß der Lage der Verletzung auf das Fäuleprozent ist auf zwei Wegen untersucht worden:

- das Fäuleprozent ausschließlich nach der Lage des Schadens am Baum hergeleitet, ohne Berücksichtigung eventuell unterschiedlicher Wundgrößen (vgl. Abbildung 15). Die Unterschiede zwischen dem Niveau 6 %, 26 % und 14 % sind signifikant.
- analog der Darstellungsweise in Abschnitt 5.3.3.4 wurden der Einfluß von Wundgröße und Lage am Baum überprüft.

Für die zweite Methode wurde das Material nach der Lage am Baum wie folgt stratifiziert:

- Lage M: Schaden 22,5 cm unterhalb des Fällschnitts bis 37,5 cm oberhalb des Fällschnitts
- Lage U: Schaden mehr als 22,5 cm unter dem Fällschnitt
- Lage O: Schaden mehr als 37,5 cm über dem Fällschnitt

Die gebildeten Straten wurden einzeln und insgesamt nach dem Chi-Quadrat-Test auf Einzelbeziehungsweise Zusammenauswertung der drei Versuchsflächen geprüft. Nach dem Testergebnis stehen die Flächenunterschiede einer gemeinsamen Auswertung je Stratum und insgesamt nicht entgegen.

Unter Beibehaltung der allgemeinen Kurvenform der vorigen Abschnitte wurden für den Einfluß von Wundgröße und Lage des Schadens auf das Fäuleprozent die folgenden Gleichungen ermittelt und in Abbildung 16 dargestellt:

$$\begin{aligned} \text{Lage M: } y &= -3,87 + 4,48 \sqrt{x} & (r &= 0,94) \\ \text{Lage U: } y &= -4,13 + 3,05 \sqrt{x} & (r &= 0,72) \\ \text{Lage O: } y &= -2,38 + 1,34 \sqrt{x} & (r &= 0,66) \end{aligned}$$

(Auch hier gelten die in Abschnitt 5.3.3.3 gemachten Einschränkungen für den Korrelationskoeffizienten.)

Abbildung 15: Variation des Fäuleprozents mit der Lage des Schadens am Baum (ohne Berücksichtigung der Schadensgrößen)

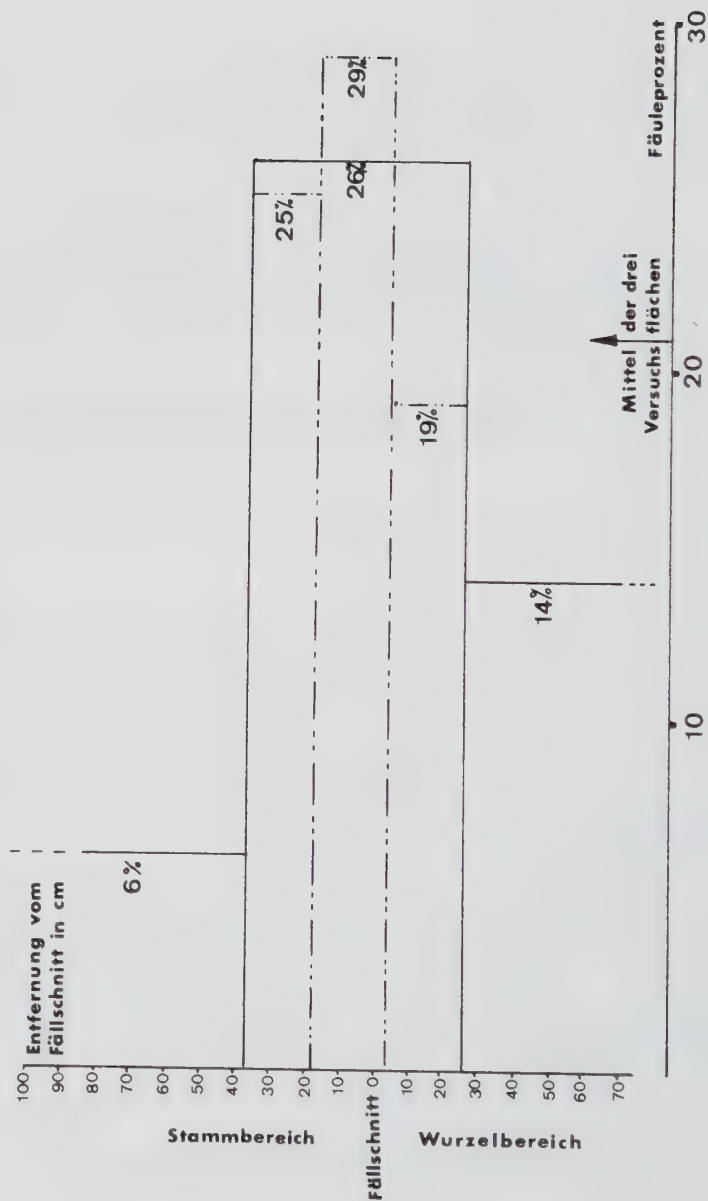
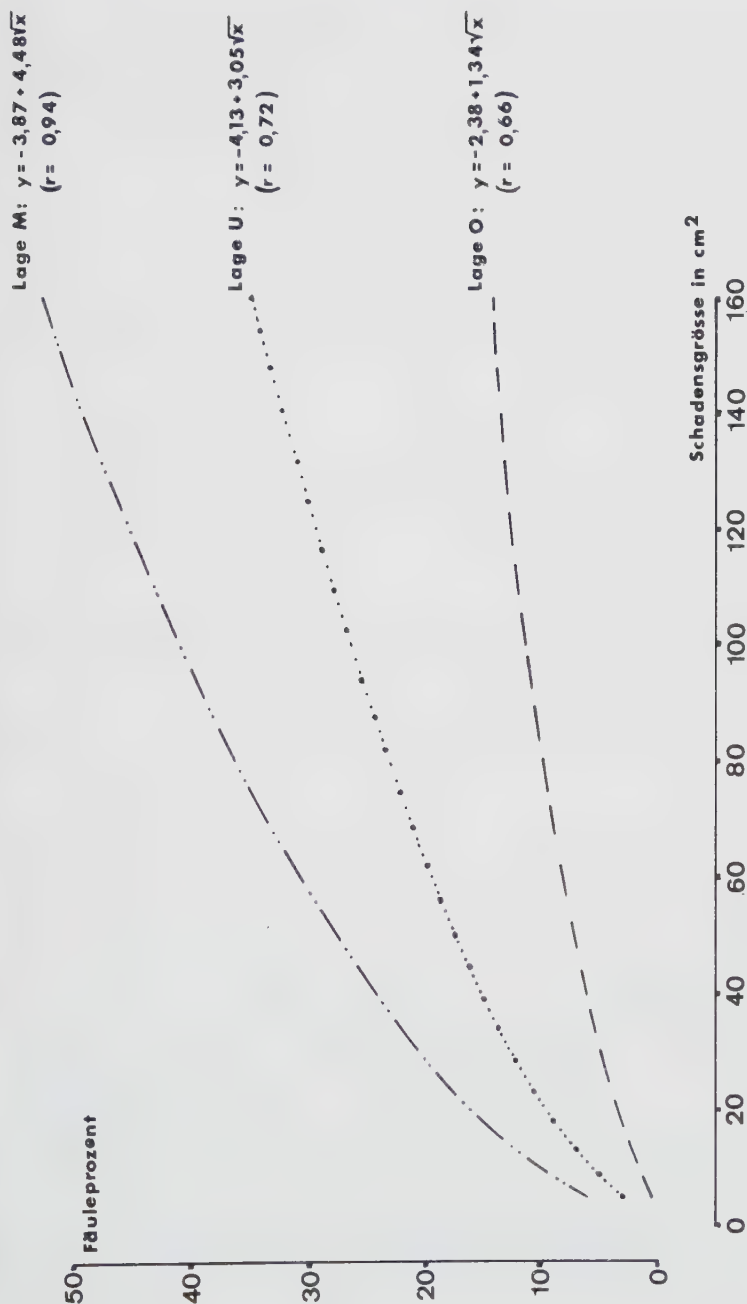


Abbildung 16: Fäuleprozent in Abhängigkeit von Schadensgröße und Lage des Schadens am Baum



Aus den Abbildungen 15 und 16 wird deutlich – beide Auswertungen haben im wesentlichen zu einem übereinstimmenden Ergebnis geführt –, **daß Rückeschäden im Bereich der Wurzelaufgänge am stärksten durch Fäule bedroht sind**. Demgegenüber ist das Fäuleprozent für Schäden, die an flachstreichenden Wurzeln mehr als 25 cm vom Fällschnitt entfernt liegen, nur etwa halb so hoch. In beiden Lagen ist das durch die Bodennähe bestimmte gleiche Kleinklima wirksam, so daß die Ursache für den Unterschied nicht allein darin gesucht werden kann. Eine weitere Ursache könnte in einer unterschiedlichen Holzanatomie von Wurzel und unterem Stammabschnitt zu suchen sein.

Gegenüber dem Fällschnitt-Bereich ist das Fäuleprozent der Schäden, die 40 cm und mehr über dem Fällschnitt liegen, noch stärker abgesetzt. Es beträgt nur etwa $\frac{1}{4}$ der fällschnittnahen Zone. Die Erklärung dafür kann im Kleinklima gesucht werden.

Zusammenfassend muß festgehalten werden, daß im Fällschnittbereich (20 cm unterhalb bis 35 cm oberhalb des Fällschnitts), in dem 73 % aller Rückeschäden liegen, auch gleichzeitig die Gefahr einer Wundfäule am höchsten ist. Demgegenüber sinkt das Fäuleprozent in der darüberliegenden Stammzone ebenso wie in der tiefer liegenden Wurzelzone.

5.3.3.6 Exposition des Schadens am Baum

Da in den nach der Aufnahmemethode 1969 aufgenommenen Versuchsflächen die Exposition jedes Schadens am Baum nach acht Teilungen der Himmelsrichtungen aufgenommen waren, bot sich die Möglichkeit, den Einfluß der Exposition auf das Fäuleprozent zu untersuchen.

Der Auswertung ging wiederum die Bildung von Straten nach den Expositionsgruppen

Nord (NW, N, NO, O) und

Süd (SO, S, SW, W)

voraus. Der Chi-Quadrat-Test führte zum Ergebnis, daß eine Zusammenfassung der drei Versuchsflächen nicht zulässig ist, da zwischen den Flächen größere Unterschiede vorliegen.

Die in Tabelle 17 festgestellten Fäuleprozente wurden deshalb für jede Versuchsfläche getrennt auf Unterschiede zwischen den Expositionen Nord und Süd getestet.

Tabelle 17: Fäuleprozente der Versuchsflächen nach den Expositionen Nord und Süd gegliedert

Versuchsfläche	Fäuleprozent gesamt	Fäuleprozent	
		Nord	Süd
Bad Schussenried	26	25	27
Königsbronn	20	27	15
Königseggwald	17	31	3

Die Signifikanz-Prüfung mit dem t-Test hat folgendes Ergebnis:

Bad Schussenried: kein signifikanter Unterschied

Königsbronn: Differenz schwach signifikant (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit)

Königseggwald: Differenz hoch signifikant (1 % Irrtumswahrscheinlichkeit)

Damit läßt sich an zwei der drei Versuchsflächen **ein höheres Fäuleprozent in der Nord-Exposition** nachweisen.

5.3.3.7 Harzfluß

Von den drei Versuchsflächen wurde der Grad der Verharzung ausschließlich in Königsbronn aufgenommen, wobei folgende Ansprache erfolgte:

nicht verharzt – teilweise verharzt – voll verharzt

Wie aus Tabelle 18 ersichtlich wird, liegt das Fäuleprozent in allen Wundgrößenklassen bei fehlender oder unvollständiger Verharzung höher als bei vollständiger Verharzung.

Tabelle 18: Fäuleprozente nach Wundgrößen und dem Grad der Verharzung (nur Versuchsfläche Königsbronn)

Wundgrößenklasse	Fäuleprozent	
	nicht oder unvollständig verharzt	vollständig verharzt
0– 10 qcm	0	0
11– 30 qcm	32	20
31– 50 qcm	57	36
51–100 qcm	67	38
>100 qcm	67	33
insgesamt	39	15

Während die Differenz zwischen den beiden Gruppen in den einzelnen Klassen schwankt und zum Teil infolge geringer Belegung mit Material nicht gesichert ist, läßt sich insgesamt ein hoch signifikanter Unterschied herleiten.

Der Grad der Verharzung hat damit einen Einfluß auf das Fäuleprozent. Der Harzaustritt auf der Wunde bildet einen Wundabschluß, der je nach dem Grad der Verharzung vollständig beziehungsweise lückenhaft ist. Insoweit gehört der Harzfluß, der während der Saftzeit stärker ist (vgl. Abschnitt 5.2.7), zu den Abwehrmechanismen des Baumes, um Infektionen durch Mikroorganismen zu verhindern.

Nach Behandlung der einzelnen Einflüsse auf die Wahrscheinlichkeit einer Wundfäule, bleibt abschließend nochmals auf die komplexen Zusammenhänge hinzuweisen. So kann das Zusammenspiel aus

- Charakter der Beschädigung,
- Aggressivität der Erreger und
- Widerstandskraft des Baumes

unter Mitwirkung bestandesbedingter und baumbezogener Umweltbedingungen im Einzelfall zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen: erfolgreiche Abwehr der Erreger oder erfolgreiche Infektion durch die Erreger.

Im gesamten Abschnitt 5.3 konnten aufgrund konkreter Versuchsauswertungen einige Einflüsse, die zum Charakter der Beschädigung (Wundgröße, Art der Verletzung, Lage am Baum) gehören, aufgezeigt und in ihrer tendentiellen Wirkung dargestellt werden. Die Baumstärke und sein Verharzungsvermögen sind in den Bereich der Widerstandskraft des Baumes zu rechnen, während die Exposition als Teilaspekt aus den wirksam werdenden Umweltbedingungen zu werten ist.

5.3.4 Der Fäulefortschritt

Der Fäulefortschritt wurde nach der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Auswertungsmethode ermittelt. Als Versuchsmaterial liegen dieselben drei Bestände zugrunde, die der Darstellung des Fäuleprozents dienten (Tabellen 13 bis 15). Zur Auswertung des Fäulefortschritts standen jedoch nur noch die 21 % = 91 Schäden zur Verfügung, die zu Wundfäule geführt haben. Deshalb sind sämtliche Untersuchungen zum Fäulefortschritt durch den geringen Umfang der zugrundeliegenden Versuchsdaten gekennzeichnet. Trotzdem soll auf eine Auswertung des Materials nicht verzichtet werden, einer Verallgemeinerung der an konkreten Schäden aufgezeigten Zusammenhänge sind jedoch enge Grenzen gesetzt.

Tabelle 19: Mittel- und Extremwerte des Fäulefortschritts in den Versuchsflächen

Versuchsfläche	Zahl der Beobachtungen	Fäulefortschritt absolut (stamm- und wurzelwärts)			Beobachtungsdauer (Jahre)	mittl. Fäulefortschritt je Jahr (stamm- und wurzelwärts)		
		Mittel (cm)	Anteil stammwärts	Maximum (cm)		Mittel (cm)	Maximum (cm)	Minimum (cm)
Bad Schussenried P 1 P 2-3	12	57	45 %	115	5,5	10,4	20,9	1,8
	23	83	76 %	265	5,5/6,0	14,7	48,2	1,8
alle Teilflächen	35	74	67 %	265	5,5-6,0	13,2	48,2	1,8
Königsbronn P 1-2 P 3-6	22	181	86 %	335	5,7	31,6	58,8	7,9
	21	72	79 %	220	5,7	12,6	38,6	2,6
alle Teilflächen	43	128	83 %	335	5,7	22,4	58,8	2,6
Königseggwald	13	88	75 %	320	7,0	12,6	45,7	2,1
sämtliche Versuchsflächen	91	102	76 %	335	5,5-7,0 5,8	17,5	58,8	1,8

Unter **Fäulefortschritt** kann sowohl der zu einem bestimmten Zeitpunkt festgestellte Zustand der Fäulnisbildung verstanden werden, als auch der durchschnittliche Fäulniszuwachs in einer Zeiteinheit. Da beide Wortinhalte verwendet werden, wird in

- Fäulefortschritt absolut und
- (mittlerer) Fäulefortschritt je Jahr

unterschieden. Die nicht einheitlichen Zeiträume, die in den einzelnen Versuchsbeständen (und Probeflächen) zwischen Schadensverursachung und Auswertung liegen, lassen aus Gründen einer Vergleichbarkeit den mittleren Fäulefortschritt je Jahr als die besser geeignete Größe erscheinen.

5.3.4.1 Mittel- und Extremwerte der Versuchsbestände

In Tabelle 19 werden zunächst Mittel- und Extremwerte dargestellt, die der axiale **absolute Fäulefortschritt** in den einzelnen Versuchsbeständen erreicht hat. Ausgehend vom absoluten Fäulefortschritt in Richtung Schaft sowie in Stock und Wurzeln werden über die unterschiedlichen Beobachtungszeiträume der Versuchsflächen die **mittleren Fäulefortschritte je Jahr** hergeleitet.

Bereits der Tabellenüberblick macht deutlich, daß der Fäulefortschritt zwischen den drei Versuchsflächen und zwischen den Teilflächen ein und derselben Fläche außerordentlich stark schwanken kann.

In knapp sechs Jahren läßt sich über das Gesamtmaterial der drei Flächen ein absoluter Fäulefortschritt von 102 cm feststellen, was einem **mittleren Fäulefortschritt je Jahr von 17,5 cm** entspricht.

Die Holzverwertung und der wirtschaftliche Schaden werden im wesentlichen von dem Fäuleanteil abhängen, der im Schaft verläuft. Deshalb kommt einer Aufteilung des gesamten Fäulefortschritts in den stammwärts und wurzelwärts gerichteten Teil einige Bedeutung zu. Die Aufteilung erfolgt nicht im Fällschnitt, sondern im Zentrum der Verletzung. Der vom Schadenszentrum aus aufwärts verlaufende Teil der Fäule umfaßt 76 % der gesamten axialen Fäuleausdehnung, d. h. im Mittel 78 cm.

Die in Einzelfällen auftretenden Extremwerte des absoluten Fäulefortschritts machen den weiten Streurahmen deutlich. Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung wird in Tabelle 20 am mittleren Fäulefortschritt je Jahr erläutert, wie die Gesamtzahl der Schadensbeobachtungen um den Mittelwert streut.

Tabelle 20: Häufigkeitsverteilung für den mittleren Fäulefortschritt je Jahr in den drei Versuchsbeständen

mittl. Fäulefortschritt in cm / Jahr	Zahl der Beobachtungen		
	Bad Schussenried	Königsbronn	Königseggwald
0 = gesund	102	168	66
0,1 – 9,9	18	15	8
10 – 19,9	7	6	1
20 – 29,9	5	7	3
30 – 39,9	3	8	–
40 – 49,9	2	3	1
50 – 59,9	–	4	–

Aus der Häufigkeitsverteilung wird deutlich, daß den Mittelwerten keine große Bedeutung zukommt, da es sich um eine »einseitige Verteilung« handelt, die eigentlich beim Fäulefortschritt 0 – das sind die gesund gebliebenen Verletzungen – beginnt und mit zunehmendem Fäulefortschritt stetig abnimmt.

5.3.4.2 Kalkulation der Gesundheitschnitte

Aus der Häufigkeitsverteilung und dem absoluten Fäulefortschritt läßt sich der Umfang des erforderlichen Gesundheitschneidens an einem Kollektiv ermitteln. Das Kalkulationsergebnis in Tabelle 21 beinhaltet die Unterstellung, daß auch geringste Fäuleanteile noch entfernt werden. Die Prüfung erfolgte in 0,5-m-Abschnitten, auf die die einzelne Fäule jeweils aufzurunden ist. In der Praxis wird selbstverständlich die Abgrenzung weniger scharf, jedoch in der Regel mit Aufrundung auf 1-m-Abschnitte durchgeführt.

Tabelle 21: Umfang des Gesundheitschneidens bei Beurteilung nach 0,5-m-Abschnitten

	Bad-Schussenried	Königsbronn	Königs-eggwald	i. G.	in %	
Zahl der einzelnen Wundfäulen	35	43	13	91		
Zahl der Bäume mit Wundfäule auf Wurzeln begrenzt (kein Gesundheitschneiden erforderlich)	30	33	13	76	100	
	5	1	2	8	11	
Bäume mit erforderl. Gesundheitschnitten	25	32	11	68		
davon bei 0,5 m Länge	14	11	7	32	42	55
davon bei 1,0 m Länge	5	5	—	10		
davon bei 1,5 m Länge	1	7	2	10	18	24
davon bei 2,0 m Länge	3	4	1	8		
davon bei 2,5 m Länge	2	3	—	5	7	9
davon bei 3,0 m Länge	—	1	1	2		
davon bei 3,5 m Länge	—	1	—	1	1	1

Die Gesamtzahl von 91 einzelnen Wundfäulen verteilt sich auf 76 verschiedene Bäume. Davon haben 8 Bäume (= 11 %) derzeit noch wirtschaftlich belanglose Fäuleangriffe ausschließlich an Wurzeln. Gesundheitschneiden wird an 68 Bäumen (= 89 %) erforderlich, an 55 % der Faulbäume muß nur 1 m, an weiteren 24 % müssen 2 m abgetrennt werden. 3 m oder längere Abschnitte müssen an jedem zehnten Baum abgeschnitten werden.

Der insgesamt noch bescheidene Umfang der notwendigen Gesundheitschnitte darf nicht über den damit verbundenen wirtschaftlichen Schaden hinwegtäuschen, dessen Ausmaß in Abschnitt 5.4 noch zu zeigen sein wird. Weiter ist zu beachten, daß dieser Kalkulation der kurze Zeitabschnitt von ca. sechs Jahren zugrunde liegt und daß die Wundfäule – zwar zunehmend langsamer – weiter fortschreitet.

5.3.4.3 Variierende Einflüsse auf den Fäulefortschritt

Die Einflüsse auf den Fäulefortschritt wurden durch eine Kovarianzanalyse untersucht. Der abhängigen Variablen mittlerer Fäulefortschritt je Jahr (in mm) standen als unabhängige Variable verschiedene Bestandes-, Baum- und Schadensmerkmale gegenüber:

als qualitative Größen

- die Versuchsflächen einschließlich ihrer Unterflächen
(Bad Schussenried P 1, P 2 + 3; Königsbronn P 1 + 2, P 3 – 6; Königseggwald)
- die Lage der Verletzung am Baum
(Wurzel, Wurzelkehle, 0,30 bis 1,00 m Höhe, oberhalb 1,0 m Höhe)
- die Art des Schadens
(Holzkörper freiliegend, unverletzt)
(Holzkörper freiliegend, zusätzlich verletzt)
- die Exposition des Schadens am Baum
(Nord, Süd)

als quantitative Größen

- die Wundgröße (in qcm)
- der Brusthöhendurchmesser des jeweiligen Baumes (in cm)

Tabelle 22 enthält die wesentlichen Ergebnisse dieser Kovarianzanalyse. Insgesamt können durch die untersuchten Größen nur 54 % der Gesamtvarianz des mittleren Fäulefortschritts je Jahr erklärt werden. Der restliche Varianzanteil entfällt auf andere, nicht erfaßte Einflüsse.

Tabelle 22: Ergebnis der Kovarianzanalyse zwischen Fäulefortschritt als abhängiger Variablen und verschiedenen Baum- und Schadensmerkmalen als unabhängige Variable

Abhängigkeiten	Regressions- koeffizient	Korrelations- koeffizient	Beitrag zur Varianzklärung in %	Irrtumswahr- scheinlichkeit des Modells
<i>qualitative Größen</i>				
Fäulefortschritt = f (Bestand)		0,52	} 50,8	0,001
Fäulefortschritt = f (Lage am Baum)		0,48		0,001
Fäulefortschritt = f (Art d. Schadens)		0,24		0,999
Fäulefortschritt = f (Exposition)		0,06		0,999
<i>quantitative Größen</i>				
Fäulefortschritt = f (Schadensgröße)	0,362		} weitere 3,2	0,123
Fäulefortschritt = f (BHD d. Baumes)	–3,747			0,231
			i. G. 54,0	

Ausschließlich die qualitativen Merkmale **Bestand** und **Lage des Schadens am Baum** haben sich als **signifikant** in ihrem Einfluß auf den Fäulefortschritt erwiesen:

- zwischen den drei Versuchsflächen und ihren Unterteilungen bestehen gesicherte Unterschiede im Fäulefortschritt je Jahr (vgl. auch Tabelle 19),
- die Lage des Schadens am Baum bestimmt den Fäulefortschritt maßgebend; gegenüber dem Mittelwert von 175 mm / Jahr liegen Wurzelbeschädigungen um ca. 50 % unter und Verletzungen der Wurzelkehle um knapp 10 % über dem Mittel.

Für alle anderen untersuchten Einflußfaktoren können nur Tendenzen aufgezeigt werden, denen die Signifikanz fehlt:

- Art der Verletzung
Beschädigungen mit unverletztem Holzkörper liegen im Fäulefortschritt 10 % unter dem Mittelwert,

Beschädigungen mit verletztem Holzkörper liegen um etwa 50 % über dem Mittelwert.

– Exposition der Verletzung am Baum

Nord-Verletzungen haben einen um 12 % höheren Fäulefortschritt als Süd-Verletzungen. Für die quantitativen Merkmale Wundgröße (in qcm) und Brusthöhendurchmesser des Baumes (in cm) geben die Regressionskoeffizienten die Art des Zusammenhangs an:

Der mittlere Fäulefortschritt je Jahr

– steigt mit zunehmender Wundgröße

(je 100 qcm Wundgröße – um 36 mm gesteigerter Fäulefortschritt je Jahr)

– fällt mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser des Baumes

(je 10 cm Brusthöhendurchmesser – um 37 mm geringerer Fäulefortschritt je Jahr).

Die den Fäulefortschritt beeinflussenden Größen unterliegen damit einer noch stärkeren Streuung von Baum zu Baum als dies für das Fäuleprozent festgestellt worden war. Sobald eine Infektion »haftet«, bestimmt das Kräftespiel aus

Abwehrvermögen des Baumes und

Aggressivität des Erregers

weitgehend das Ausmaß der Wundfäule im Einzelfall. Teilweise liegt es auch am geringen Umfang des für die Fäulefortschritts-Untersuchung verbliebenen Materials, daß keine eindeutigeren Einflüsse nachzuweisen sind.

In einer Zusammenfassung der Ergebnisse zum Fäuleprozent (Abschnitt 5.3.3) und zum Fäulefortschritt läßt sich die Tendenz feststellen, daß große, bodennahe und tiefe Beschädigungen mit höherer Wahrscheinlichkeit zu Wundfäule führen. Der axiale Fäulefortschritt absolut und je Jahr bleibt jedoch einer Ansprache nach äußeren Merkmalen weitgehend verschlossen.

5.3.5 Das räumliche Bild des Schadens

Die Auswertungsmethode der Wundfäulen stützt sich vor allem auf die Erfassung der Fäule an entnommenen Stammscheiben. Aus der detaillierten Vermessung der Schäden an verschiedenen Querschnitten läßt sich ein räumliches Bild der Fäule im Baum gewinnen. Einige Aspekte dieses räumlichen Schadensbildes werden abschließend behandelt.

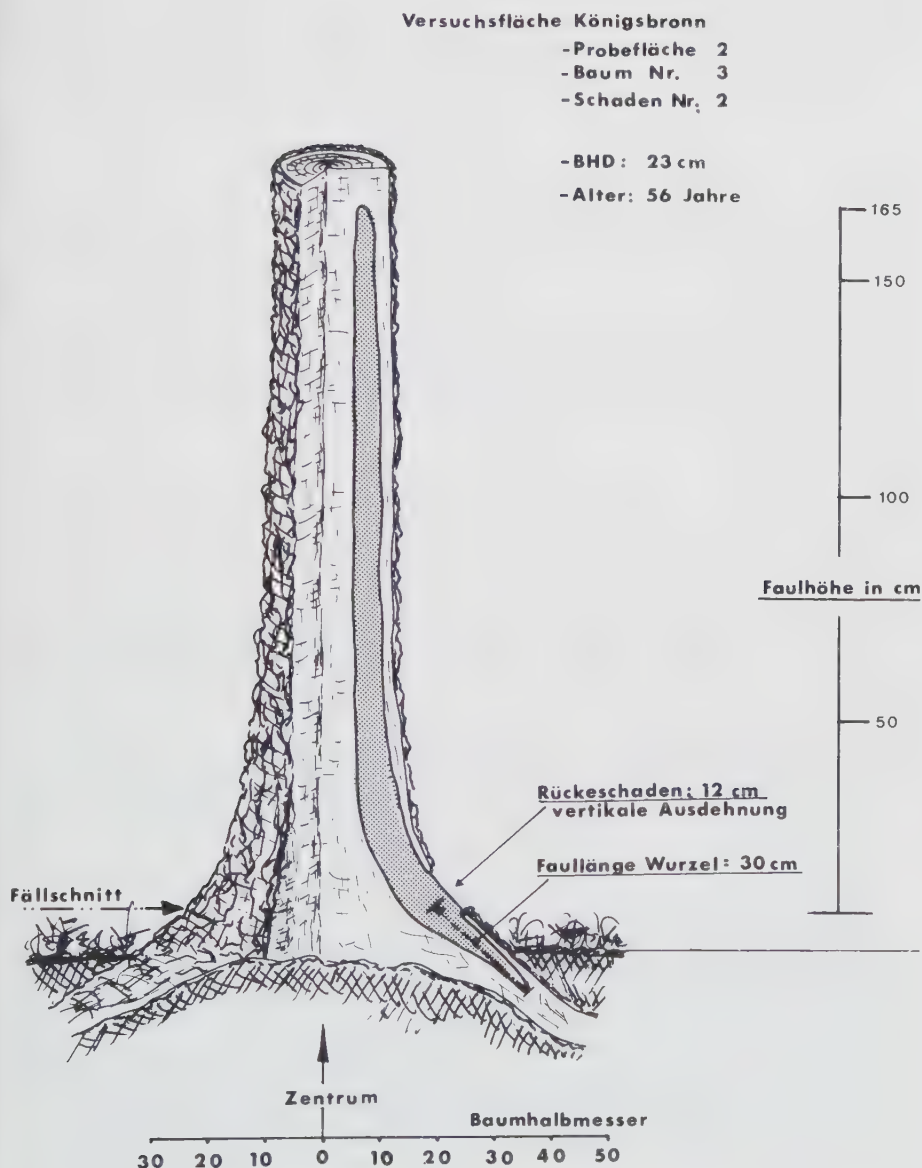
5.3.5.1 Die Wundfäule im Längsschnitt

Das typische Schadensbild wird im Längsschnitt am Beispiel eines konkreten Baumes dargestellt (Abbildung 17), von dessen Rückeschaden Wundfäule ausgeht:

Baum:	Versuchsfläche Königsbronn Probefläche 2 Baum Nr. 3 Brusthöhendurchmesser 23 cm Baumalter 56 Jahre
Rückeschaden:	Schaden Nr. 2 am Baum Schadensgröße 12 x 8 cm Schadenszentrum 5 cm über Fällschnitt Holzkörper freiliegend, nicht beschädigt
Wundfäule:	absoluter Fäulefortschritt 195 cm Faulhöhe über Fällschnitt 165 cm Fäuledurchmesser im Fällschnitt 103 mm maximale Fäulefläche im Querschnitt 83 qcm (Fällschnitt) maximal befallene Jahrringe 28 (10 cm über Fällschnitt)

Das konkrete Schadensbild stellt die von der Verletzung ausgehende Wundfäule dar, die im Schaft eine wesentlich größere axiale Ausdehnung genommen hat als in Stock und Wurzel.

Abbildung 17: Schadensbild im Längsschnitt



Die Schadensbegrenzung zum Stammzentrum ist von der Schafthöhe weitgehend unabhängig, dies läßt sich gut an der Summe aus

- befallenen Jahrringen und
- nach außen gesunden Jahrringen

ablesen. Der Anteil der faulen Jahrringe an dieser Summe nimmt mit Entfernung von der Schadensursache kontinuierlich ab.

Die zum Auswertungszeitpunkt noch recht periphere Wundfäule verläuft in Richtung Stock / Wurzel stets in flachstreichende Wurzeln hinein und nicht zum Stockzentrum hin. Insoweit lassen sich Wund- und Kernfäule in diesem frühen Stadium in fast allen Fällen sauber unterscheiden. Im höheren Bestandesalter können dagegen Wund- und Kernfäule im Fäulebild durchaus fließend ineinander übergehen.

5.3.5.2 Die Wundfäule im Querschnitt

Die maximale Wundfäule-Ausdehnung an Querschnitten liegt im Bereich des Fällschnitts. Dafür dürften zwei Gründe maßgebend sein:

- dies ist gleichzeitig der Bereich, in dem sich nach der Häufigkeitsverteilung die Rückeschäden konzentrieren,
- in diesem Bereich sind die Jahrringe am breitesten.

Der Bereich maximaler Fäuleausdehnung im Querschnitt wurde sowohl für die flächenhafte Ausdehnung (in qcm) als auch für die Zahl der befallenen Jahrringe festgestellt.

Die in der Vertikalen am weitesten fortgeschrittenen Wundfäulen hatten bereits zwischen 30 und 40 Jahrringe erfaßt, im Mittel aller aufgetretenen Fäulen

in Bad Schussenried	$\frac{4 - 31}{16}$	Jahrringe
in Königsbronn	$\frac{3 - 39}{20}$	Jahrringe
in Königseggwald	$\frac{3 - 30}{13}$	Jahrringe.

Die von der Wundfäule erfaßte Querschnittsfläche nimmt mit zunehmender Entfernung von der Schadensursache eine ovale Form an. Unregelmäßige Schadensformen im Querschnitt treten am häufigsten im Stock auf, wo sich eine sonst zusammenhängende Fäulefläche nicht selten auch in Teilflächen aufgliedert.

5.3.5.3 Zusammenhang zwischen Fäuledurchmesser im Fällschnitt und Faulhöhe

Mußte abschließend in Abschnitt 5.3.4.3 festgestellt werden, daß aus den Schadensmerkmalen am stehenden Baum nicht auf den Fäulefortschritt geschlossen werden kann, so gibt es immerhin für den gefällten Baum eine Schätzhilfe.

Anhand des vorliegenden Materials wurde die Beziehung zwischen

- **Fäuledurchmesser** im Fällschnitt (in mm) und
- **Faulhöhe** über dem Fällschnitt (in cm)

geprüft. Die Faulhöhe ist dabei die stammwärts gerichtete Komponente des absoluten Fäulefortschritts. Ein Beurteilungskriterium in der Fällschnittzone erscheint auch deshalb günstig, weil sich in dieser Zone die Rückeschäden konzentrieren. Damit ist die Zahl der Schäden relativ gering, die zwar zu Wundfäule geführt haben, jedoch im Fällschnitt nicht sichtbar werden. 13 % der Wundfäulen im vorliegenden Material bestehen aus reinen Wurzelfäulen, treten im Fällschnitt nicht auf und sind damit zum Auswertungszeitpunkt auch wirtschaftlich belanglos. Nur 2 % der Wundfäulen treten im unteren Stammabschnitt auf, obwohl der Fällschnitt »blank« erscheint.

Die Bezugsgröße **Fäuledurchmesser im Abhieb** ist ohne Hilfsmittel nur annähernd zu bestimmen, weil die Wundfläche in Wirklichkeit nicht in Kreisform auftritt, sondern teilweise eine unre-

gelmäßige Form aufweist. Die Faulfläche muß also in die Kreisform übertragen werden, deren Durchmesser nach der Kreisformel beträgt:

$$\text{Kreisdurchmesser} = 1,13 \times \sqrt{\text{tatsächliche Faulfläche}}$$

In der Versuchsauswertung wurde der Schritt von der tatsächlich gemessenen Faulfläche zur flächengleichen Kreisform rechnerisch vollzogen.

Die zwischen **Faulhöhe** (als abhängige Variable) und **Fäuledurchmesser** (als unabhängige Variable) hergeleitete einfache lineare Regression hat für die drei Versuchsbestände folgende Gleichungen und Korrelationskoeffizienten ergeben:

– Bad Schussenried			(r = 0,77):	
Faulhöhe in cm	= 1,32 x	Fäuledurchmesser am Abtrieb (in mm)	+ 14,00	
– Königsbronn			(r = 0,79):	
Faulhöhe in cm	= 1,55 x	Fäuledurchmesser am Abtrieb (in mm)	+ 7,28	
– Königseggwald			(r = 0,79):	
Faulhöhe in cm	= 3,67 x	Fäuledurchmesser am Abtrieb (in mm)	–53,6	

Ein zusätzliches quadratisches Glied in der Ausgleichsfunktion verbessert die jeweiligen Korrelationskoeffizienten nur unbedeutend um 0,01 bis 0,03.

Wie Abbildung 18 zeigt, haben die Ausgleichskurven der Versuchsflächen Bad Schussenried und Königsbronn einen sehr ähnlichen Verlauf. Dagegen weicht die schwach belegte Fläche Königseggwald stärker davon ab. Unterschiedliche Standorts- und Wuchsbedingungen für Baum und Erreger sind vermutlich für die unterschiedlichen Regressionskoeffizienten verantwortlich.

Unter Berücksichtigung des zugrundeliegenden Materials und des Beobachtungszeitraumes von nur 5,5 bis 7,0 Jahren, ist die Straffheit des Zusammenhangs erstaunlich hoch, muß doch davon ausgegangen werden, daß der Fäuleverlauf in seinen vertikalen und horizontalen Relationen noch keinen »ausgereiften« Zustand erreicht hat.

Eine Schätzhilfe für die forstliche Praxis kann aus diesem geringen Materialumfang noch nicht hergeleitet werden. Die Beziehung zwischen Faulhöhe und Fäuledurchmesser am Abtrieb sollte jedoch weiter an umfangreichem Untersuchungsmaterial über einen längeren Zeitraum und mit Erfassung regionaler Unterschiede geprüft werden.

5.3.6 An der Wundfäule beteiligte Mikroorganismen

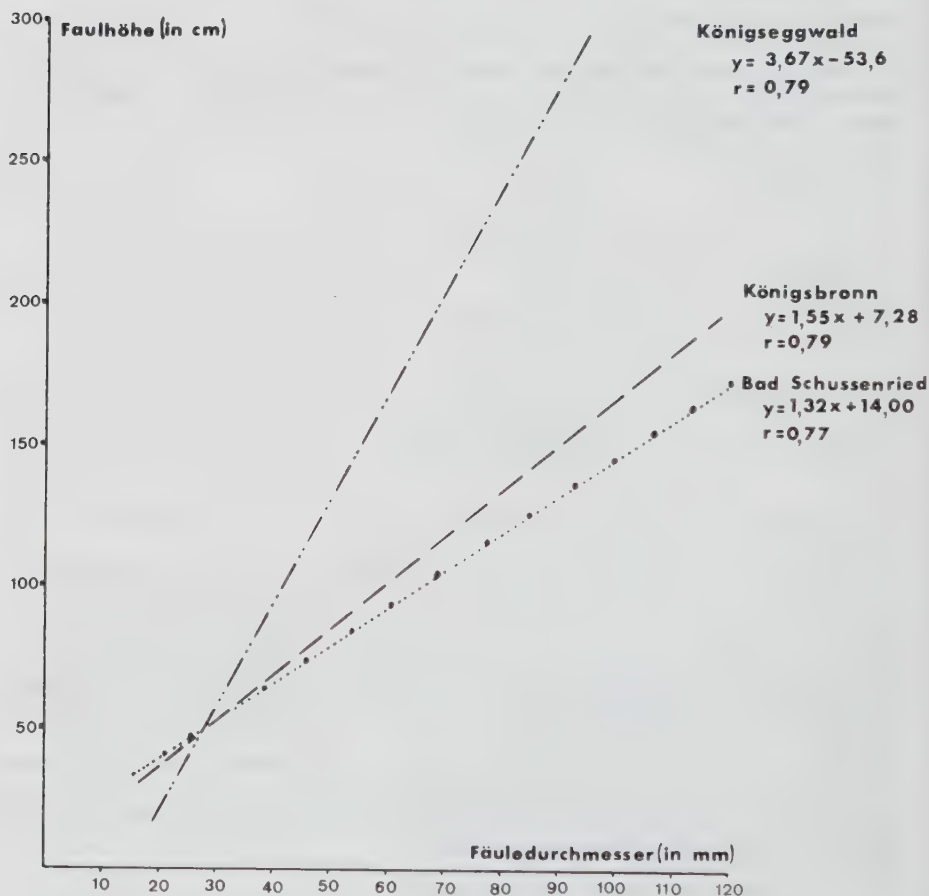
5.3.6.1 Ergebnis der Abimpfungen

An den 91 Rückverletzungen, die zu Wundfäule geführt hatten, wurden nach der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Methode Abimpfungen vorgenommen. Die von S. Schönhar und Mitarbeitern durchgeführten Abimpfungen und Pilzbestimmungen hatten das in Tabelle 23 zusammengestellte Ergebnis.

Trotz dem Vorliegen von Rotfäule-Symptomen konnten an einigen Holzproben keine Mikroorganismen nachgewiesen werden. Dafür kommen mehrere Erklärungen in Frage:

- langsamwüchsige Erreger werden von rascher wachsenden verdrängt,
- Farbreaktionen treten ein, bevor das Pilzmycel das jeweilige Holz erreicht hat,
- durch die punkweisen Abimpfungen wurden die Erreger nicht erfaßt,
- lebendes Mycel war nicht mehr vorhanden.

Abbildung 18: Beziehung zwischen Fäuledurchmesser im Fällschnitt und Faulhöhe über dem Fällschnitt



Von den holzerstörenden Basidiomyceten war in den Wundfäulen *Stereum sanguinolentum* mit Abstand am häufigsten vertreten, aus 47 % aller Stammscheiben gelang die Isolierung dieses Pilzes. Als weitere holzerstörende Pilze mit jeweils geringem Anteil an den Proben wurden *Stereum areolatum*, *Odontia bicolor*, *Mycena alkalina* und *Hallimasch* gefunden. In zwei Fällen wurde ein Basidiomycet isoliert, der nicht bestimmt werden konnte. In 68 % aller Stammscheiben mit Fäulesymptomen konnten die genannten Holzzerstörer nachgewiesen werden.

Erstaunlich ist, daß *Fomes annosus* nicht ein einziges Mal aus den Wundfäulen bestimmt werden konnte. Zwar ist aus verschiedenen Untersuchungen bekannt, daß in Wundfäulen der typische Kernfäulepilz seltener beteiligt ist, doch überrascht sein völliges Fehlen trotzdem. Es ist u. a. mög-

Tabelle 23: Ergebnis der Abimpfungen aus den drei Versuchsflächen ca. 6 Jahre nach Schadensverursachung

an 83 Stammscheiben wurden bestimmt:		
Mikroorganismen	Häufigkeit	
	absolut	relativ
Basidiomyceten:		
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl ex Fries) Kum.	4	5 %
<i>Mycena alkalina</i> (Fr.) Kum.	3	4 %
<i>Odontia bicolor</i> (Alb. et Schw. ex Fr.) Quéf.	4	5 %
<i>Stereum areolatum</i> Fr.	5	6 %
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. et Schw.) Fr.	39	47 %
nicht bestimmter Basidiomycet	2	2 %
Ascomyceten, Imperfekten:		
<i>Ceratocystis piceae</i> (Münch) Bakshi	5	6 %
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Fr.	1	1 %
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	4	5 %
<i>Mucor</i> sp.	11	13 %
<i>Nectria fuckeliana</i> Booth	23	28 %
<i>Nectria radicolola</i> Gerlach et Nilsson	1	1 %
<i>Nectria viridescens</i> Booth	1	1 %
<i>Penicillium</i> spp.	47	57 %
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link et Pers.) Rifai	3	4 %
<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex S.F. Gray	3	4 %
Bakterien:	16	19 %

licherweise darauf zurückzuführen, daß durch die äußerliche Kennzeichnung der Rückeschäden am Baum jede auftretende Fäule einwandfrei als Wundfäule charakterisiert werden konnte. Zwei oder drei Zweifelsfälle mit ineinander verlaufenden Wund- und Kernfäulen wurden bei der Versuchsauswertung eliminiert. Daß *Fomes annosus* bei Wundfäulen eine untergeordnete Rolle spielt, muß auf seine Empfindlichkeit gegenüber antagonistisch wirkenden anderen Mikroorganismen zurückgeführt werden.

Am Spektrum der isolierten Pilzarten sind auch Ascomyceten, Imperfekten und Bakterien wesentlich beteiligt. Auf 57 % aller Stammscheiben wurde *Penicillium* spp. gefunden. Nach einer mündlichen Mitteilung von S. Schönhar ist diese hohe Beteiligung von Schimmelpilzen durchaus typisch. *Penicillium* spp. kommt ohne Symptome verbreitet im Holz vor, auch wenn dieses keine Verletzungen aufweist. Die hohe Beteiligung der *Penicillium*-Arten ist nicht lagerungsbedingt, wie zunächst angenommen worden war. *Nectria fuckeliana* konnte aus 28 % der Proben bestimmt werden und war damit neben den *Penicillium*-Arten häufigster Nicht-Basidiomycet. *Nectria fuckeliana* wurde teilweise ohne Begleitung durch holzerstörende Basidiomyceten gefunden, obwohl einwandfrei »Rotfäule« vorlag. Mit 13 % beteiligt war *Mucor* sp.: die Bläupilze *Ceratocystis*

piceae und Cladosporium herbarum waren zusammen in 7 % der Proben enthalten. Bakterien wurden auf 19 % aller Stammscheiben isoliert.
 Eine vergleichende Wertung der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen erfolgt in Abschnitt 6 (Diskussion der Ergebnisse).

5.3.6.2 Kombination von Fäulefortschritt und Pilzart

Bringt man die aus einer Wundfäule isolierte Pilzart mit dem jeweiligen axialen Fäulefortschritt in Verbindung, so können Hinweise auf möglicherweise unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten der Pilze erwartet werden. Störend für diese Gegenüberstellung muß sich wiederum der geringe Versuchsumfang auswirken sowie die Tatsache, daß teilweise mehrere Pilzarten je Stammscheibe isoliert wurden. Trotzdem wird die Verbindung von Fäulefortschritt und Pilzart versucht. Soweit neben holzerstörenden Basidiomyceten noch andere Arten oder Bakterien gefunden wurden, wird der Fäulefortschritt ausschließlich dem Basidiomycet zugeschrieben. Die auf diesem Weg ermittelte Verbindung von Fäulefortschritt und Pilzart ist im Ergebnis in Tabelle 24 zusammengestellt. Eine Pilzart wurde aufgeführt, soweit sie in mindestens drei Proben vorkam.

Der mittlere absolute Fäulefortschritt der Basidiomyceten liegt mit 128 cm deutlich über dem ermittelten Gesamtdurchschnitt (102 cm). Innerhalb der Basidiomyceten nimmt Stereum sanguinolentum nicht nur anteilmäßig, sondern auch im Fäulefortschritt (142 cm) die Spitzenstellung ein. Es folgen im Fäulefortschritt Stereum areolatum (103 cm) vor Odontia bicolor (90 cm) und dem über Myzelwachstum infizierenden Hallimasch (59 cm), der in der bodennahen Zone bleibt.

Tabelle 24: Fäulefortschritt absolut und durchschnittlich je Jahr der isolierten holzerstörenden Basidiomyceten

Mikroorganismen	gemessener Fäulefortschritt (stamm- und stockwärts)	
	absolut (cm)	je Jahr (cm)
Armillaria mellea	59	10,2
Mycena alkalina	43	7,4
Odontia bicolor	90	15,5
Stereum areolatum	103	17,8
Stereum sanguinolentum	142	24,5
Basidiomyceten insgesamt	128	22,1

5.4 Wirtschaftlicher Schaden

Die in Abschnitt 4.4 ausführlich beschriebene Bewertungsmethode liefert auf Wundfäule zurückzuführende Wertverluste, die

- sowohl den Güteverlust des Erdstammstückes
 - als auch die dadurch veränderte Sortimentierung
- des gesamten Baumes berücksichtigen.

Zur Berechnung der aktuellen Holzwerte beziehungsweise Wertsdifferenzen müssen zunächst die in das Modell einzubringenden Rohschäfte sowie die variierende Faullänge festgelegt werden. Als weitere Voraussetzung vor Durchführung der Kalkulation ist das unterstellte aktuelle Holzpreis-Niveau der verschiedenen Sortimente zu erläutern.

5.4.1 Ausgewählte Modell-Rohschäfte und Variation der Faüllängen

Fäulebedingte, wirtschaftliche Verluste interessieren in erster Linie für die Zukunfts-Bäume, die das Umtriebsalter des Bestandes erreichen. Durch den raschen Fäulefortschritt in den ersten beiden Jahrzehnten nach Schadenseintritt kommt jedoch auch dem Schaden an den späteren Durchforstungsanfällen erhebliche Bedeutung zu. Mit der Auswahl der Modell-Rohschäfte wird deshalb der gesamte Stärkebereich abgedeckt.

Die standörtliche Vielfalt schlägt sich u. a. im Massenzuwachs eines Bestandes und in der Formigkeit der Einzelbäume nieder. Neben der Variation des Brusthöhendurchmessers wird es deshalb erforderlich, verschieden abholzige Rohschäfte auszuwählen. Dies geschieht über die Verteilung der Rohschäfte in den drei Krenn'schen (K. Krenn 1948) Höhentarif-Rahmen Mittel (M), Ober (O) und Unter (U).

Tabelle 25: Baum- und Sortendaten der für die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens gewählten Modell-Rohschäfte

Lfd. Nr.	Baumdaten			Rohschaft-Meßdaten		
	BHD	Baum- höhe	Höhen-Rahmen nach Krenn	Mitten- durch- messer cm	Zopf- durch- messer cm	Sorten- länge m
	cm	m		cm	cm	m
1	22	21,4	M	17	8	17
2	27	24,3	M	21	11	19
3	32	27,2	M	24	13	21
4	37	30,3	M	27	12	25
5	42	33,1	M	30	14	27
6	47	36,0	M	33	13	31
7	19	26,4	O	14	8	21
8	28	32,4	O	21	10	27
9	38	35,6	O	28	14	29
10	27	21,7	U	20	10	17
11	37	27,5	U	27	14	21
12	47	33,4	U	33	16	27

In Tabelle 25 sind die für die Vergleichskalkulationen ausgewählten Rohschäfte zusammengestellt und durch ihre wichtigsten Baum- und Sortendaten charakterisiert. Die einzelnen Rohschäfte werden im folgenden unter ihrer Kurzbezeichnung aus Krenn'schem Tarif und Brusthöhendurchmesser (z. B. M 22, U 47) weiterverfolgt.

Entsprechend der Streubreite der in der Praxis mit großen standörtlichen Unterschieden vorkommenden Gesundschnitte werden für die Kalkulation folgende Faüllängen vorgesehen:

1 m, 2 m, 3 m, 5 m, 7 m.

Nach H. v. Pechmann/H. v. Aufsess/K. E. Rehfuess (1973) erreichen die typischen und häufigsten Wundfäuleerreger *Stereum sanguinolentum* und *Stereum areolatum* nicht selten Höhen bis zu 10 m (ebenso wie der Kernfäule-Erreger *Fomes annosus*) und darüber, jedoch liegt ein Schwerpunkt bei der Befallshöhe 2 bis 4 m. *Odontia bicolor* und *Armillaria mellea* überschreiten nur selten 2 m Faulhöhe.

5.4.2 Stand und Relation der Holzpreise

Der Kalkulation werden die **Holzpreise von Baden-Württemberg im August 1977** zugrunde gelegt. Das Preisniveau ist das Ergebnis einer Konsolidierung gegen Ende der Einschlagsperiode auf hohem Niveau. Nach einer einjährigen Phase der gestiegenen Stammholzpreise, vor dem Beginn einer neuen Einschlagsperiode und unter allgemeinwirtschaftlichen Konjunkturanhebungsversuchen scheint dieses Preisniveau für die Kalkulation vertretbar und nicht nur von kurzfristiger Bedeutung zu sein.

Nachfolgende **Holzpreise** werden der Kalkulation zugrunde gelegt:

Langholz (Heilbronner Sortierung Stämme und Stammteile)

- Güteklasse B:

Meßzahl-Bereich	unter 36	355 % der Meßzahl (MZ)
	36–44	360 % der Meßzahl
	44–46	355 % der Meßzahl
	46–48	350 % der Meßzahl
	über 48	345 % der Meßzahl
- Güteklasse C:
Abschlag von 45–50, im Mittel 47 MZ-Punkten gegenüber Güteklasse B
- Güteklasse D:
86,- DM/Fm o. R. bei einer mittleren Abschnittsstärke 3 A und einer mittleren Länge von 3 bis 4 m
- Industrieholz aus Gipfelbereich
ISF o. R. 66,- DM/Fm o. R.

Das durch Rotfäule qualitätsgeminderte Erdstück wird wie folgt auf Güte C und D verteilt:

2/3 D – 1/3 C oberhalb MZ 44
1/2 D – 1/2 C unterhalb MZ 44

Die Güteklassen C und D werden neben der Stärke auch nach der Länge des geschädigten Abschnitts im Wert gestaffelt. Die genauen in die Kalkulation eingegangenen Beträge für die einzelnen Stärkeklassen und Aushaltungslängen sind als Anhang 5 zusammengestellt.

Mit den Wertansätzen für Güte C und D und ihrer zweifachen Abstufung nach Stärke und Länge wurde versucht, den tatsächlichen Verwertungsmöglichkeiten gerecht zu werden. Dies gilt vor allem für die Längenabstufung, die in dieser detaillierten Form nicht durch statistische Zahlen voll belegbar ist.

5.4.3 Ergebnis der Kalkulation

Der eigene Kalkulationsbeitrag beginnt mit der Aktualisierung der auf der Basis der Meßzahl 100 vorhandenen Wertrelationen auf das Preisniveau des Sommers 1977. Die von der Abteilung Biometrie und Informatik der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg zur Verfügung gestellten Grundlagen sind, soweit dies für ein Verständnis des Kalkulationsgangs von Bedeutung ist, in Anhang 6 auszugsweise aufgeführt. Das aktuelle Meßzahlprozent tritt als Multiplikator (3,6 bei 360 % der Meßzahl) zu den Grundwerten der Meßzahl 100. Das Ergebnis bilden auf den Rohschaft oder nach Umrechnung mit dem Volumen auf den Festmeter o. R. bezogene Holzwerte, die nach unterschiedlichen Faüllängen gestaffelt sind.

In die Kalkulation sind zunächst ausschließlich Holzerlöse und keine Kosten der Holzernte eingegangen. Auf eine zusätzliche Differenzierung durch unterschiedliche Holzerntekosten wird noch einzugehen sein.

Das Kalkulationsergebnis für die 12 Modell-Rohschäfte und 6 Faüllängenvarianten ist in Tabelle 26 aufgeführt. Die Rohschäfte sind nach ihrer Höhentarif-Zugehörigkeit und innerhalb dieser

Tabelle 26: Berechnung des Werts und der Wertminderungen mit zunehmender Faullänge für die ausgewählten Modell-Rohschäfte auf dem Holzpreisniveau August 1977 (Rohschaft-Bezeichnung: z. B. M 22 = Brusthöhendurchmesser 22 cm, Höhentarif M nach Krenn)

Lfd. Nr.	Rohschaft Kennz.	Faullänge m	Volumen Efm o. R.	Wert je Baum DM	Wert je Efm o. R.		Wertminderung durch höhere Faullänge		Klassensprung des Hauptsortiments
					DM	in % der Faullänge 0	DM/ Efm o. R.	in %	
1	M 22	0	0,34	37,67	110,80	100,0			
		1	0,34	35,19	103,50	93,4	7,30	6,6	
		2	0,34	33,96	99,90	90,2	3,60	3,2	
		3	0,34	33,33	98,00	88,4	1,90	1,8	
		5	0,33	29,43	89,20	80,5	8,80	7,9	x
		7	0,33	26,67	80,80	72,9	8,40	7,6	x
2	M 27	0	0,59	75,16	127,40	100,0			
		1	0,60	72,22	120,40	94,5	7,00	5,5	
		2	0,60	62,75	104,60	82,1	15,80	12,4	x
		3	0,59	61,23	103,80	81,5	0,80	0,6	
		5	0,58	58,28	100,50	78,9	3,30	2,6	
		7	0,57	56,31	98,80	77,6	1,70	1,3	
3	M 32	0	0,87	122,95	141,30	100,0			
		1	0,88	118,22	134,30	95,0	7,00	5,0	
		2	0,88	105,55	119,90	84,9	14,40	10,1	x
		3	0,87	101,84	117,10	82,9	2,80	2,0	
		5	0,86	99,63	115,80	82,0	1,30	0,9	
		7	0,84	89,71	106,80	75,6	9,00	6,4	x
4	M 37	0	1,32	186,90	141,60	100,0			
		1	1,34	180,79	134,90	95,3	6,70	4,7	
		2	1,33	175,75	132,10	93,3	2,80	2,0	
		3	1,32	171,95	130,30	92,0	1,80	1,3	
		5	1,27	154,45	121,60	85,9	8,70	6,1	x
		7	1,24	150,49	121,40	85,7	0,20	0,2	
5	M 42	0	1,65	264,57	160,30	100,0			
		1	1,70	258,85	152,30	95,0	8,00	5,0	
		2	1,81	244,45	135,10	84,3	17,20	10,7	x
		3	1,79	138,92	133,50	83,3	1,80	1,0	
		5	1,74	232,26	133,50	83,3	—	—	
		7	1,71	223,24	130,60	81,5	2,90	1,8	
6	M 47	0	2,32	368,82	159,00	100,0			
		1	2,39	362,31	151,60	95,3	7,40	4,7	
		2	2,40	360,02	150,00	94,3	1,60	1,0	
		3	2,39	354,88	148,50	93,4	1,50	0,9	
		5	2,34	345,90	147,80	93,0	0,70	0,4	
		7	2,30	305,06	132,60	83,4	15,20	9,6	x

Tabelle 26 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Roh-schaft Kennz.	Faul-länge m	Volumen Efm o. R.	Wert je Baum DM	Wert je Efm o. R.		Wertminderung durch höhere Faullänge		Klassensprung des Haupt-sortiments
					DM	in % der Faullänge 0	DM / Efm o. R.	in %	
7	O 19	0	0,27	29,24	108,30	100,0			x
		1	0,28	28,45	101,60	93,8	6,70	6,2	
		2	0,28	27,54	98,40	90,9	3,20	2,9	
		3	0,27	24,41	90,40	83,5	8,00	7,4	
		5	0,28	25,19	90,00	83,1	0,40	0,4	
		7	0,27	23,90	88,50	81,7	1,50	1,4	
8	O 28	0	0,83	115,62	139,30	100,0			x
		1	0,84	111,86	133,20	95,6	6,10	4,4	
		2	0,85	109,52	128,80	92,5	4,40	3,1	
		3	0,86	100,78	117,20	84,1	11,60	8,4	
		5	0,84	97,84	116,50	83,6	0,70	0,5	
		7	0,84	92,82	110,50	79,3	6,00	4,3	
9	O 38	0	1,63	257,91	158,20	100,0			x
		1	1,66	251,79	151,70	95,9	6,50	4,1	
		2	1,67	236,46	135,60	85,7	16,10	10,2	
		3	1,66	223,27	134,50	85,0	1,10	0,7	
		5	1,62	215,87	133,30	84,3	1,20	0,7	
		7	1,59	209,64	131,90	83,4	1,40	0,9	
10	U 27	0	0,48	54,05	112,60	100,0			x
		1	0,49	51,92	106,00	94,1	6,60	5,9	
		2	0,50	51,41	102,80	91,3	3,20	2,8	
		3	0,48	47,97	99,90	88,7	2,90	2,6	
		5	0,47	43,73	93,00	82,6	6,90	6,1	
		7	0,46	42,69	92,80	82,4	0,20	0,2	
11	U 37	0	1,11	159,06	143,30	100,0			x
		1	1,14	154,38	135,40	94,5	7,90	5,5	
		2	1,13	149,36	132,20	92,3	3,20	2,2	
		3	1,11	132,47	119,30	83,3	12,90	9,0	
		5	1,10	127,88	116,30	81,2	3,00	2,1	
		7	1,05	117,38	111,80	78,0	4,50	3,2	
12	U 47	0	2,03	322,97	159,10	100,0			x
		1	2,09	320,31	153,30	96,4	5,80	3,6	
		2	2,10	312,95	149,00	93,7	4,30	2,7	
		3	2,09	308,13	147,40	92,6	1,60	1,1	
		5	2,03	273,56	137,50	86,4	9,90	6,2	
		7	1,99	262,59	132,00	83,0	5,50	3,4	

Gruppen nach steigendem Brusthöhendurchmesser geordnet. Die weitere Interpretation der Kalkulationsergebnisse stützt sich auf den Wert je Efm o. R. Im weiteren Verlauf der Tabelle 26 werden die Rohschaftwerte unterschiedlicher Faulängen in Relation zum gesunden Rohschaft ge-

setzt. Darüber hinaus werden die absoluten und relativen Wertdifferenzen zwischen aufsteigenden Faullängen gebildet.

Stärkeabhängig liegt der Festmeterwert des gesunden Rohschachts zwischen 108,30 und 160,30, im Mittel bei 138,40 DM. Bezogen auf diesen mittleren Festmeterwert tritt mit zunehmender Faullänge folgende **Wertminderung** ein:

- 1 m Faullänge 6,90 DM bzw. 5,0 % Wertverlust,
- 2 m Faullänge 14,40 DM bzw. 10,4 % Wertverlust,
- 3 m Faullänge 18,50 DM bzw. 13,3 % Wertverlust,
- 5 m Faullänge 22,20 DM bzw. 16,1 % Wertverlust,
- 7 m Faullänge 26,90 DM bzw. 19,5 % Wertverlust.

Der **absolute** Wertabfall scheint im mittelstarken Holz des Brusthöhendurchmessers 28–35 cm am stärksten zu sein. Dagegen errechnet sich die höchste **relative** Wertminderung infolge des geringeren Festmeterwertes des gesunden Baumes beim schwachen Holz.

Deutlicher als in der Tabellenform kommt der Wertverlauf der konkreten Rohschäfte mit zunehmender Faullänge in den Abbildungen 19 a) und 19 b) zum Ausdruck. Der Abbildungsteil a) enthält sechs Rohschäfte des Höhentarifs M nach Krenn (1948), Teil b) die sechs Rohschäfte der Tarife O und U sowie die Endpunkte vergleichbarer Bäume des Tarifs M.

Aus der Gegenüberstellung der Teile a) und b) von Abbildung 19 läßt sich entnehmen, daß die verschiedene Abholzigkeit von Bäumen in der Sortimentszerlegung bei verschiedener Faullänge nicht zu grundsätzlich anderen Wertscurven führt. Etwas vereinfacht kann festgestellt werden, daß die Rohschäfte des Höhentarifs O den um 4 bis 5 cm schwächeren Rohschäften des Höhentarifs M entsprechen. Auf der anderen Seite benötigen die Rohschäfte des Höhentarifs U einen um 4 bis 5 cm stärkeren Brusthöhendurchmesser, um entsprechende Wertkurven des Tarifs M zu erreichen. Selbstverständlich hängt dieser Unterschied mit den Meßdaten der im konkreten Fall ausgewählten Modellstämme (vgl. Tabelle 25) zusammen.

Allen Wertscurven gemeinsam ist ein relativ starker Abfall vom gesunden Schaft zum 1 m langen C/D-Abschnitt. Dieser Rückgang muß auf den beachtlichen Massenanteil des ersten Meters zurückgeführt werden, der damit sogar den holzmeßkundlichen Effekt des »Volumengewinns« (W. Duffner 1974, W. Schöpfer 1976) voll überlagert.

Sowohl in Tabelle 26 als auch in den Abbildungen 19 a) und 19 b) sind die Klassensprünge des im Rohschaft enthaltenen Hauptsortiments gekennzeichnet. Aus Höhe und Verlauf der Wertscurven wird deutlich, daß sich der Wertabfall mit zunehmender Faullänge aus zwei Komponenten zusammensetzt:

1. dem degressiv zunehmenden Anteil geringerwertiger Sortimente an der Gesamtmasse,
2. den Stärkeklassen-Sprüngen der Sortimente, insbesondere des massen- und wertmäßig überwiegenden Hauptsortiments.

In Tabelle 27 wird der Versuch unternommen, diese beiden Komponenten der Wertabstufung eingehender zu analysieren.

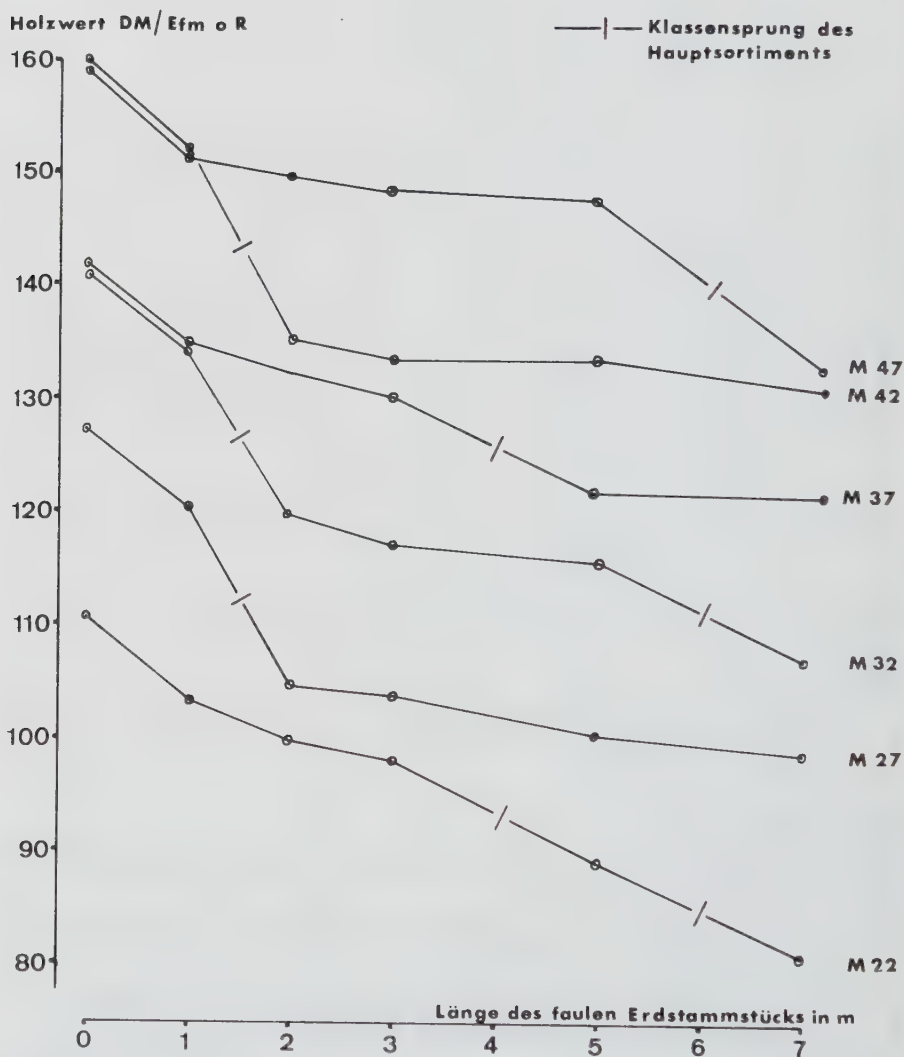
Durch die Verteilung der Modell-Rohschäfte über den gesamten Brusthöhendurchmesser-Bereich und die Erfassung unterschiedlicher Abholzigkeiten können aus dem Material einige allgemeingültige Aussagen gewonnen werden:

- Der Wertverlust durch zunehmenden Anteil des qualitätsgeminderten Holzes verläuft degressiv, dabei wirken der höhere Wert größerer C/D-Längen und der abnehmende Massenanteil in gleicher Richtung zusammen;
- der Klassensprung des Hauptsortiments verursacht – soweit er auftritt – einen Wertabfall, der etwa den vierfachen Betrag der kontinuierlichen Abnahme beträgt;

mit verminderter Allgemeingültigkeit, da stärker durch die Auswahl der Modellstämme beeinflußt:

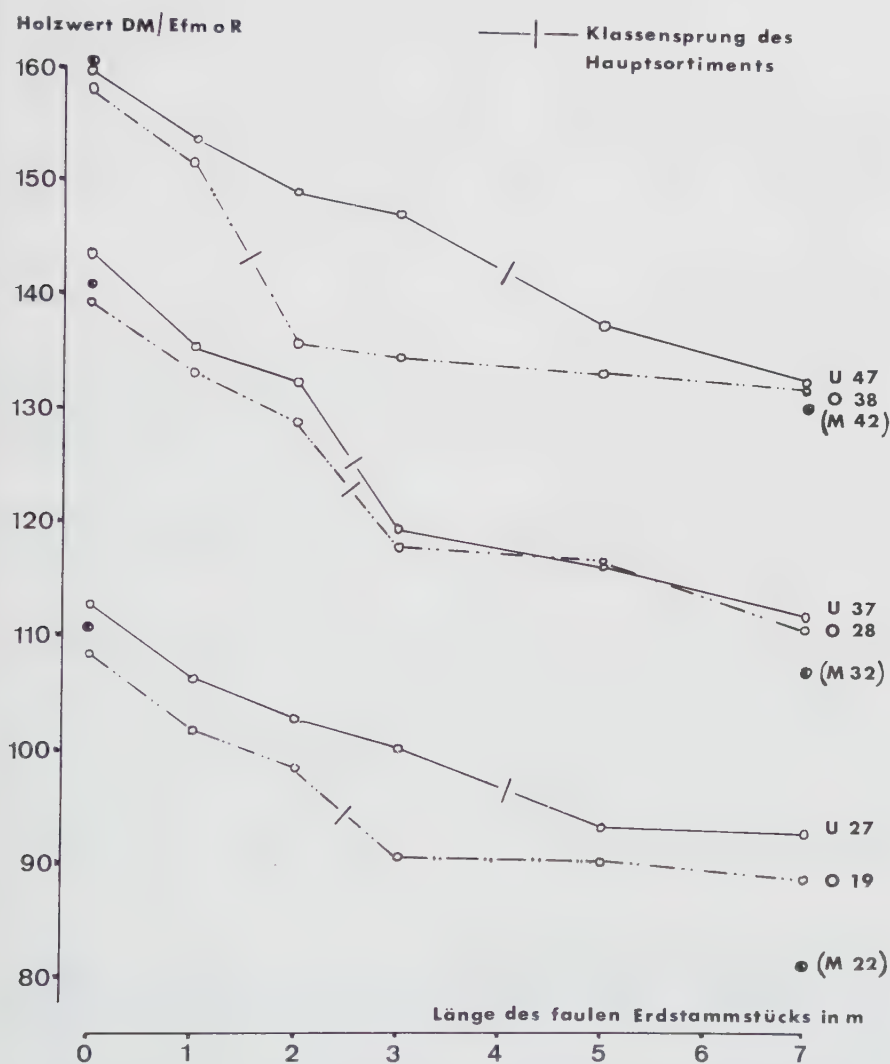
- Gesundschneiden von 1 m führt in der Regel noch zu keiner Stärkeklassenverschiebung beim Hauptsortiment,

Abbildung 19a: Holzwert je Efm o. R. in Abhängigkeit von der Länge des faulen Erdstammstückes für die Rohschäfte des Höhentarifs M nach Krenn



(Rohschaft M 47 = Brusthöhendurchmesser 47 cm, Höhentarif M nach KRENN 1948)

Abbildung 19b: Holzwert je Efm o. R. in Abhängigkeit von der Länge des faulen Erdstammstückes für die Rohschäfte der Höhentarife O und U nach Krenn



(Rohschaft -U 47 = Brusthöhendurchmesser -47 cm, Höhentarif -U nach KRENN1948)
 -O 38 = Brusthöhendurchmesser -38 cm, Höhentarif -O nach KRENN1948)

Tabelle 27: Analyse des abnehmenden Rohschafwertes mit wachsender Faullänge durch Zerlegung in die Ursachen Klassenabfall des Hauptsortiments und zunehmender Anteil der Güteklassen C/D

	Variation der Faullänge				
	von Faullänge 0 zu 1 m	von Faullänge 1 zu 2 m	von Faullänge 2 zu 3 m	von Faullänge 3 zu 5 m	von Faullänge 5 zu 7 m
Zahl der Stärkeklassensprünge des Hauptsortiments bei 12 Rohschäften	–	4	3	4	4
Wertverlust in DM/Efm o.R. insgesamt	6,90	7,50	4,10	3,80	4,70
Wertverlust in DM/Efm o.R. verursacht durch Klassensprung d. Hauptsortiments	–	12,60	9,00	7,30	6,90
Wertverlust in DM/Efm o.R. ohne die Ursache Klassensprung des Hauptsortiments	6,90	3,30	1,80	1,30	2,40

- bei einer Faullänge von 3 m tritt in mehr als der Hälfte der Rohschäfte (7 von 12) ein Klassensprung beim Hauptsortiment auf;
- eine Faullänge von 7 m führt immer zu mindestens einem Klassensprung des Hauptsortiments (in 25 % der Fälle zwei Klassensprünge).

Soweit rotfäulegeschädigte Bäume nicht als Rohschäfte ausgehalten und somit nicht in voller Länge vermessen und verkauft werden, treten bei üblicher Sortimentsaushaltung **erhöhte Holzwerbkosten** auf durch

- zusätzliche Trennschnitte zwischen den Sortimenten (ca. 1 min Zeitaufwand je Trennschnitt);
- zusätzlicher Bringungsaufwand, soweit die Sortimente bereits im Bestand und nicht erst am Polter ausgehalten werden;
- mehrfacher Vermessungsaufwand und Aufnahmearbeit bei getrennter Behandlung jedes einzelnen Sortiments;
- evtl. größerer Verkaufsaufwand bei getrennter Losbildung und zusätzlichen Verkaufsverträgen.

Diese Mehrkosten bei der Holzernte werden ohne Detailkalkulation auf 3 bis 6 DM/Efm o.R. veranschlagt. Damit wird die Wertsdifferenz zwischen rotfäulegeschädigten und gesunden Bäumen noch um diesen Betrag erhöht.

6. Diskussion der Ergebnisse

In den Unterabschnitten 6.1 und 6.2 werden zunächst eine Reihe von Ergebnissen aus den quantitativen und qualitativen Schadensaspekten zusammengeführt und Querverbindungen hergestellt. Erst durch diesen Schritt kann eine zusammenfassende Beurteilung der Rückeschäden erfolgen.

In den weiteren Abschnitten werden die aus der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse anderen Veröffentlichungen gegenübergestellt und dabei Übereinstimmung beziehungsweise Gegensätzliches herausgearbeitet. Die Ergebnisse werden ebenfalls mit den Erfahrungen und Auffas-

sungen der forstlichen Praxis, die nicht oder nur teilweise durch wissenschaftliche Versuchsanstellungen untermauert sind, verglichen. Die komplexen Zusammenhänge der Problemstellung bewirken, daß Ursache und Wirkung nur zum Teil kausal geklärt werden können, eine Reihe von gefundenen Zusammenhängen wird deshalb auf Plausibilität überprüft.

Es liegt in der Natur einer zusammenfassenden Diskussion, daß nicht alle Einzelergebnisse des Abschnitts 5 aufgegriffen werden können und daß eine Beschränkung auf die wesentlichen Punkte erforderlich wird.

Die Interpretation und Diskussion hält sich zweckmäßigerweise an die Reihenfolge, die in der Ergebnisdarstellung gewählt wurde.

Auf eine weiterführende Diskussion zur Aufnahmemethodik für Rückeschäden wird verzichtet. Das erarbeitete Verfahren kann praktischen und wissenschaftlichen Zwecken gleichermaßen gerecht werden und bietet auf die einzelne Zielsetzung abgestimmte Variations- und Ergänzungsmöglichkeiten. Dies gilt auch im Hinblick auf Holzernteschäden, deren Bedeutung durch neue Arbeitsverfahren und Maschinen wahrscheinlich zunehmen wird.

6.1 Zum Schadensprozent und Fäuleprozent nach mehreren Durchforstungen

Den Abschnitten 5.3.2 und 5.3.3.1 liegt der erweiterte Schadensbegriff zugrunde, der auch Kleinschäden unter 10 qcm Größe und Verletzungen mit anliegender Rinde einschließt.

Um das Fäuleprozent auf die Schadensprozente übertragen zu können, muß das Fäuleprozent auf den engeren Schadensbegriff der Abschnitte 4.2.2 und 5.2 (Schäden ab 10 qcm Größe und Holzkörper freiliegend) umgerechnet werden. In Abänderung der Tabelle 16 ergibt sich für den engeren Schadensbegriff die Tabelle 28.

Tabelle 28: Fäuleprozente (bezogen auf Einzelschäden und beschädigte Bäume) nach Schadensgrößen und Versuchsf lächen unter Berücksichtigung des engeren Schadensbegriffs (Schäden ab 10 qcm Größe und freiliegendem Holzkörper) der Abschnitte 4.2.2 und 5.2

Versuchsf lächen	Fäuleprozent der Schadensgrößenklasse					Fäuleproz. d. Einzel- schäden i. G. (in %)	Fäuleproz. d. beschäd. Bäume (in %)
	10–30 qcm (in %)	31–50 qcm (in %)	51–100 qcm (in %)	101–200 qcm (in %)	> 200 qcm (in %)		
Bad Schussenried	10,0	33,3	35,5	42,9 63,6	100,0	36,2	46,0
Königsbronn	22,9	54,2	52,9	60,0 58,8	50,0	40,6	44,6
Königseggwald	5,9	20,0	30,0	50,0 50,0	50,0	24,1	26,1
sämtl. 3 Flächen	16,5	38,3	39,7	51,3 58,8	83,3	35,4	40,4

Den Fäuleprozenten von Tabelle 28 liegt damit derselbe Schadensbegriff zugrunde wie er auch im Schadensprozent enthalten ist.

Sämtliche, bisher dargestellten Schädigungsdimensionen haben sich auf einen einzigen Durch-

forstungsdurchgang innerhalb des Bestandesalters 30 bis 60 Jahre bezogen. Tatsächlich werden jedoch in dieser besonders gefährdeten Altersphase ca. drei Durchforstungen durchgeführt (z. B. Alter 35, 45, 55). In Abschnitt 5.2.2.6 konnte gezeigt werden, daß sich das Schadensprozent in diesem Altersrahmen nicht wesentlich verändert.

Im folgenden wird versucht, das gesamte Schadensausmaß aus drei Durchforstungseingriffen zu kalkulieren; entsprechende Versuchsaufnahmen über mehrere Eingriffe im gleichen Bestand waren in der Laufzeit des Projekts nicht möglich.

Die Modellkalkulation, deren Ergebnisse in Tabelle 29 aufgeführt sind und zu der einige vereinfachende Ansätze gemacht wurden, wird wie folgt erläutert:

- Die Ergebnisse für die im Rahmen dieser Arbeit (Abschnitt 5.2.2.2) untersuchten Bringungsverfahren werden angewandt,
- das Schadens- und Fäuleprozent wird für einen Bestand über drei Durchforstungen konstant gehalten.

Ausnahme: in der zweiten Durchforstung wird Kurzholz durch fallende Längen (dickörtig, mit Schlepper, außer Saft) ersetzt,
in der dritten Durchforstung wird das Pferd durch den Schlepper (dickörtig, außer Saft) ersetzt,

in diesen Fällen verändern sich entsprechend auch die Schadensprozente,

- Mehrfachbeschädigungen je Baum werden im Fäuleprozent berücksichtigt,
- entsprechend dem jeweiligen Bringungsverfahren und der Schadensgröße (Medianwert) wird das Fäuleprozent angesetzt.
- Unterstellung, daß Beschädigungsprozent durch nächste Durchforstung nicht gesenkt wird,
- Zufallsverteilung der Schäden aus der zweiten und dritten Durchforstung auf unbeschädigte und bereits beschädigte Bäume.

Über eine Reihe dieser Ansätze könnte selbstverständlich diskutiert werden, ohne jedoch zu grundsätzlich anderen Ergebnissen zu gelangen. Vor allem wird in der Praxis oft vertreten, daß in der zweiten und weiteren Durchforstungen das Beschädigungsprozent des verbleibenden Bestandes durch gezielte Entnahmen abgesenkt werden kann. Diese Tendenz ist gewiß wünschenswert und angestrebt, gegen einen durchgreifenden Erfolg sprechen jedoch einige Gesichtspunkte wie

- die ungleichmäßige Verteilung der beschädigten Bäume mit starker Konzentration in Rückegassennähe,
- das höhere Schadensprozent an den stärkeren Bäumen gegenüber den schwächeren, das der in Fichte geübten Durchforstungsart entgegensteht.

Unter Berücksichtigung obiger Ansätze weist Tabelle 29 aus, daß nach drei Durchforstungen beachtliche Bestockungsanteile mehr oder minder großen Wundfäulebefall zu verzeichnen haben. Mit einem Fäuleanteil von 45 % der Gesamtbaumzahl erweist sich das Ganzbaumverfahren im Saft am wenigsten pfleglich, dies vor allem durch die Schadensgröße. 30 % Faulstammanteil erreicht die dickörtige Schlepperbringung von fallenden Längen außer Saft, ein heute verbreitetes Verfahren. Mit knapp 18 % Faulstämmen schneidet die dünnörtige Bringung am günstigsten ab. Die Kurzholzverfahren liegen durch ihre Schadensgrößen und des in der zweiten und dritten Durchforstung sortimentsbedingt auf Langbringung geänderten Verfahrens nicht mehr an der Spitze der Pfleglichkeitsskala, jedoch noch immer günstig. Selbstverständlich hätte eine Beibehaltung der kurzen Sortimente ein völlig anderes Bild ergeben, das jedoch mit hohen Sortierungsverlusten erkauft worden wäre.

Trotz der beachtlichen Fäuleprozente nach drei Durchforstungen darf nicht übersehen werden, daß beim Fäulefortschritt die geringen Ausdehnungen überwiegen (Verteilung in Tabelle 20). Die Gefahr von Bestandesschäden besteht zweifelsohne auch für die Durchforstungen nach dem Alter 60, die hier nicht untersucht wurden. Auch die Bringung von Stammholz verursachte zu allen Zeiten Schäden am verbleibenden Bestand. Der Ersatz des Pferdes durch den leistungsfähigen Schlepper hat die Voraussetzungen dazu geschaffen, daß Stammholz in Rinde, Rohschäfte, grob-

Tabelle 29: Kalkulation des Rückeschadens- und Fäuleumfangs nach insgesamt 3 Durchforstungen in der kritischen Altersphase 30–60 Jahre (dargestellt an den Versuchsergebnissen)

Arbeitsverfahren	Berechnungsgrundlagen				1 Durchforstung		2 Durchforstungen		3 Durchforstungen	
	Schadensgr. Median qcm	Fäuleproz. Einzel %	Zahl der Schäden je Baum	Fäuleproz. je Baum %	Schadens- prozent %	Fäuleproz. je Bestand %	Schadens- prozent %	Fäuleproz. je Bestand %	Schadens- prozent %	Fäuleproz. je Bestand %
Ganzbaum / Saft	102	47	1,52	71	25,4	18,0	44,3	32,7	58,4	44,9
Ganzbaum / außer Saft	62	41	1,48	61	25,2	15,4	44,0	28,3	58,1	39,3
fallende Länge / Schlepper / dickrötig / Saft	70	43	1,45	62	23,1	14,3	40,9	26,6	50,3	34,4
fallende Länge / Schlepper / dickrötig / außer Saft	53	39	1,55	60	21,2	12,7	37,9	23,8	45,9	30,4
fallende Länge / Schlepper / dünnrötig / außer Saft	87	45	1,29	59	10,7	6,3	20,3	12,2	28,8	17,8
fallende Länge / Pferd	46	36	1,35	49	18,8	9,2	34,1	17,6	48,1*	31,0*
Kurzholz / Saft	124	48	1,37	66	3,4	2,2	23,8*	14,5*	40,0*	25,4*
Kurzholz / außer Saft	89	45	1,47	66	5,6	3,7	25,7*	15,7*	41,5*	26,7*

* fallende Längen / Schlepper / dickrötig / außer Saft als Arbeitsverfahren unterstellt

oder nicht entrindete Bäume gerückt werden können. Auch für diesen Bereich kann eine starke Abhängigkeit des Schadensumfangs vom jeweiligen Arbeitsverfahren vermutet werden. Die verbreitete Meinung, daß die Zahl der Rückeschäden mit höherem Bestandesalter abnehme, muß aus den Ergebnissen angezweifelt werden. Für den untersuchten Altersrahmen läßt sich aus dem relativen Maß des Schadensprozents diese Tendenz nicht ableiten (vgl. Abschnitt 5.2.2.6). Ohne Zweifel geht mit abnehmender Baumzahl auch die absolute Zahl der beschädigten Bäume zurück. Während größere Baumabstände in Richtung Schadensminderung wirken, stehen diesem Argument längere Sortimente, höhere Stückmassen und größere Kraftreserven der eingesetzten Schlepper entgegen. Es kann deshalb vermutet werden, daß auch nach dem Alter 60 durch jede Durchforstung $\pm 20\%$ der Bäume des bleibenden Bestandes beschädigt werden. Damit entstehen weitere, bisher nicht kalkulierte Wundfäulen und wirtschaftliche Verluste; durch wiederholte Baumverletzungen verläuft die Zunahme der Faulbäume degressiv.

6.2 Kalkulation des wirtschaftlichen Verlustes für den Gesamtbestand und Belastung der Durchforstungsmasse

Nachdem der Einfluß wiederholter Durchforstungen auf Schadensumfang und Fäuleausmaß eingeschätzt wurde, interessiert die Größenordnung der wertmäßigen Gesamtverluste für den Bestand.

Tabelle 30: Kalkulationsbeispiel für den Wertverlust je ha durch Wundfäule und die Belastung je Festmeter der Durchforstungsmasse im Alter 30–60 (dargestellt für fallende Längen, außer Saft, dickörtig mit Schlepper gerückt)

– Baumzahl im Alter 60 nach 3 Durchforstungen:	700/ha
– Fäuleprozent des Bestandes nach Tab. 29:	30,4 %
– Zahl der wundfaulen Bäume:	213/ha
– mittl. Baumvolumen der Vor- und Endnutzungen ab Alter 60:	1,0 Efm o. R.
– wirtschaftl. Schaden je Baum und je Efm o. R. für das mittl. Baumvolumen (Tab. 26, 27):	
1 m gesundgeschnitten	6,90 DM
3 m gesundgeschnitten	18,50 DM
– unterstellte Gesundschnitte an den 213 faulen Bäumen (im Anhalt an Tab. 21):	
0 m 10 % der Bäume	
1 m 60 % der Bäume	
3 m 30 % der Bäume	
– wirtschaftliche Verluste insgesamt:	
0 m –	
1 m 883,– DM/ha	
3 m 1184,– DM/ha	2067,– DM/ha
– verteilt auf ca. 180 Fm Durchforstungsmasse je ha der Altersphase 30–60:	11,50 DM/Efm o. R.
– Beispiel gilt für ein Schadensprozent je Durchforstung von 21,1; d. h. je 1 % Veränderung des Schadensumfangs:	0,54 DM/Efm

Wegen der unterschiedlichen Fäuleprozente muß diese Berechnung eigentlich für jedes Arbeitsverfahren durchgeführt werden. Aus Gründen der Vereinfachung und Übersichtlichkeit erfolgt diese Kalkulation in Tabelle 30 beispielhaft für das Arbeitsverfahren **fallende Längen, außer Saft, dickkörtig mit Schlepper gerückt**. Unter Abänderung des Fäuleprozents je Bestand und des Schadensprozents (beide Werte aus Tabelle 29) lassen sich entsprechende Berechnungen für die anderen Arbeitsverfahren anstellen. **Ziel** der Kalkulation ist die Herleitung des Wertverlustes je ha, der nach dem Schadensausmaß im Alter 60 (drei Durchforstungen) entstanden ist. Gleichzeitig wird gezeigt, wie der Wertverlust die Durchforstungsmasse des Alters 30 bis 60 belastet, durch die der Schaden verursacht wurde. Schließlich kann aus dem Beispiel entnommen werden, wie der Wertverlust auf ein geändertes Schadensprozent reagiert.

Aus dem Kalkulationsbeispiel ist ersichtlich, daß der wirtschaftliche Verlust wesentlich vom Umfang der tatsächlich erforderlichen Gesundsschnitte abhängt. Zusätzliche Mehrkosten der Holz-ernte wurden in Tabelle 30 nicht einkalkuliert.

Durch die Wahl der Arbeitsverfahren wird der Schadensumfang ebenfalls stark mitbestimmt. $\pm 5\%$ im Schadensumfang schlagen sich nach drei Durchforstungen in einer Wertdifferenz von 2.70 DM je Festmeter Durchforstungsmasse als mittelbare Kosten der Bringung nieder. Deshalb ist im Einzelfall abzuwägen, ob und inwieweit sich die direkten Kosten des gewählten Verfahrens stärker verändern. Möglicherweise ist ein angestrebter Rationalisierungseffekt nach Einbeziehung der Schäden nicht mehr gegeben.

6.3 Zur Zahl und Größe der Rückeschäden innerhalb und außerhalb der Saftzeit

Zahl und Größe der Schäden sind die wesentlichen Kriterien zur Beurteilung der Pfleglichkeit von Holzerntemaßnahmen insbesondere der Bringung in jungen Durchforstungsbeständen. Auf diesen beiden Kriterien baut auch die in der forstlichen Praxis übliche pauschale Beurteilung der Pfleglichkeit auf. Nur in Einzelfällen ist bisher der tatsächliche Schadensumfang genauer erhoben worden, z. B. durch Auszählen der beschädigten Bäume. Das Urteil zur Pfleglichkeit beruht also meist ausschließlich auf dem optischen Eindruck. Daraus haben Praktiker für die Bringung aus jungen Durchforstungsbeständen (insbesondere von Fichte) einige Thesen hergeleitet, die in verallgemeinerter Form einer eingehenden Untersuchung nicht standhalten können, z. B.

1. Langbringung von Industrieholz mit Schlepper sei nur außerhalb der Saftzeit vertretbar. (Teilweise wird die Langbringung in befahrbaren Lagen generell abgelehnt.)
2. Langbringung mit Pferd soll dagegen pfleglich sein.
3. Ganzbaumbringung sei ganzjährig nicht zu verantworten.
4. Bei Fehlen des Pferdes sei ausschließlich Kurzholzbringung pfleglich.

Während die Kurzholzbringung auch durch die Untersuchungsergebnisse als das mit Abstand pfleglichste Verfahren (Tabellen 3 und 4 zur Zahl der Schäden, Tabellen 6 und 7 zur Schadensgröße) bestätigt wird, bedürfen die anderen Thesen dringend einer differenzierteren Betrachtungsweise:

Jahreszeitliche Unterschiede in der Zahl der Schäden lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen nur in einem äußerst geringen Umfang, der nicht signifikant ist, nachweisen. Insoweit scheint das Ergebnis der praktischen Erfahrung zu widersprechen. Dagegen unterscheidet sich die mittlere Schadensgröße für Bringung im Saft und Bringung außer Saft beträchtlich.

Die **Ganzbaumbringung** hebt sich nach der Anzahl der Schäden nur schwach und nur außer Saft signifikant von der dickkörtigen Bringung fallender Längen mit Schlepper ab. Auch dieses Ergebnis widerspricht der These 3. Ein ausgeprägter Unterschied besteht dagegen für die Schadensgröße zwischen der Bringung von Ganzbäumen und fallender Längen mit Schlepper.

Die weithin als pfleglich empfohlene **Pferdebringung** für fallende Längen wird nach der Zahl der Schäden ihrem guten Ruf nicht voll gerecht. Zwar hebt sich das Schadensniveau deutlich von der Schlepperbringung ab, ohne jedoch in Kurzholznähe zu gelangen. Bezieht man die Schadens-

größe mit ein, so ist offensichtlich, daß die Schäden bei Pferdeeinsatz kleiner als bei allen anderen Arbeitsverfahren sind. Die dem Pferd zugeschriebene Pfléglichkeit hat vermutlich teilweise auch »geschichtliche« Gründe, da Pferdebringung früher mit Kurzaushaltung des Industrieholzes gekoppelt war.

Der scheinbare Widerspruch zur herrschenden Meinung über die Pfléglichkeit bezieht sich in allen drei Fällen ausschließlich auf die Versuchsergebnisse zur **Zahl der Schäden**. Die Ergebnisse zur **Schadensgröße** dagegen stimmen mit dem Inhalt der eingangs genannten Thesen überein. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß die pauschale Beurteilung der Pfléglichkeit ohne detaillierte Schadensaufnahme weit stärker die Größe der einzelnen Schäden berücksichtigt als die Zahl der Schäden. Diese Erklärung ist durchaus plausibel, denn das Urteil beruht weitgehend auf dem optischen Eindruck. Dabei fallen wenige große Schäden stärker ins Auge als zahlreiche kleine, die man häufig erst bei eingehender Prüfung jedes einzelnen Baumes entdeckt.

Nicht bestätigt hat sich auch die Vermutung, daß die Ganzbaumbringung eine stärkere Differenzierung des Schadensausmaßes zwischen Sommer und Winter bewirke. Dieser Vermutung liegt die Überlegung zugrunde, daß bei Ganzbaumbringung im Saft ein gespannter Ast ausreicht, um die Rinde abzuscheren, daß aber andererseits im Winter die Beastung eine dämpfende und schadensmindernde Wirkung ausüben könne. Die Schadensgröße kann diese Hypothese dagegen bestätigen.

Soweit zur Diskussion der Frage, ob und inwieweit die vorliegenden Versuchsergebnisse zu neuen, von der bisherigen Meinung abweichenden Erkenntnissen geführt haben.

Überrascht hat das günstige Abschneiden der **dünnrörtigen Bringung**, das in keiner Weise durch die bisherige Verbreitung dieses Arbeitsverfahrens gewürdigt wird. Es ist möglich, daß die Ursache teilweise in der verbreiteten Anhängetechnik mit Chokerseilen und -ketten zu suchen ist. Bei herkömmlicher Entastung oder gar Entrindung des Baumes bis zum Zopf wird das Vorliefern mit den gebräuchlichen Anhängemitteln durch häufiges Abgleiten der Seilbefestigung am Holz behindert. Durch Stummelung des oberen Astkranzes oder konstruktive Veränderungen an Ketten und Seilen ließe sich dieser Nachteil beseitigen. Brüche im Gipfelbereich treten in der Regel auch erst als Zeichen und Auswirkung einer unpfléglichen Arbeitsweise auf.

Ein weiteres Untersuchungsergebnis war der geringe Beitrag der **Funkfernbedienung** zu einer Schadensminderung. Grundsätzlich ist es zwar möglich, durch Ausstattung der Schlepperseilwinde mit Funk die Rückelast durch den Bedienungsmann begleiten zu lassen. Das Beiziehen des Holzes kann damit dosiert und durch Einsatz des Sappie können Baumhindernisse umgangen werden. Im praktischen Rückelbetrieb kann jedoch immer wieder beobachtet werden, daß – insbesondere unter Akkordbedingungen – nicht alle Möglichkeiten zur Schadensvermeidung genutzt werden. Pfléglichkeit verlangt ein Abgehen von der maximalen Leistungsfähigkeit und die häufige Zuhilfenahme des Sappie. Funkfernsteuerung bringt zudem wenig Vorteile in der letzten, eigentlich kritischen Phase des Vorlieferns, wenn es gilt, das lange Holz in die Achse der Rückelgasse einzuschwenken.

Für den Einfluß der wichtigsten Arbeitsverfahren auf Zahl und Größe der Bestandesschäden kann zusammengefaßt werden, daß der **Übergang von Kurz- und Kranlängenholz zum baumlangen Holz** zu einer kräftigen **Steigerung des Schadensniveaus** geführt hat. Der sich bei einer Reihe moderner Ernteverfahren abzeichnende Trend zur Vollbaumbringung wird dagegen nur von einer geringfügigen weiteren Schadensmehrung begleitet, bringt jedoch eine beträchtliche Erhöhung der mittleren Schadensgröße. Die Holzlänge ist darüber hinaus auch indirekt an einem größeren Schadensumfang beteiligt, da die mit der Länge einhergehende größere Stückmasse nicht mehr von Hand, sondern in der Regel durch die Maschine vorgeliefert werden muß.

Bei einem **Vergleich** der Ergebnisse zur Zahl und Größe der Schäden mit **Untersuchungsergebnissen anderer Autoren** stören die methodischen Unterschiede bei Anlage und Durchführung der Versuche sowie bei der Schadensaufnahme.

Die einzelnen Versuchsflächen dieser Arbeit verteilen sich in ihrem Rücketermin relativ gleich-

mäßig über das gesamte Jahr. Dadurch sind nicht nur extreme Sommer- und Winterverhältnisse, sondern auch alle Übergänge erfaßt worden. Durch die jahreszeitliche Abgrenzung im Einzelfall wurden für das Gesamtmaterial die Straten im Saft und außer Saft gebildet. Die Miterfassung der Übergangszeiten wirkt auf die Gruppenmittel nivellierend.

Demgegenüber haben andere Versuchsanstellungen teilweise typische Verhältnisse der Saftzeit und der Safruhe erfaßt. Unterschiede konnten dadurch zum Teil schärfer herausgearbeitet werden. Andererseits sind Versuchsaufnahmen und Streuung der Arbeitsverfahren weniger breit, und es fehlt eine Einordnung des einzelnen untersuchten Bringungsverfahrens in die breite Palette der Bringungsmöglichkeiten.

G. Pabst v. Ohain (1974) hat ausschließlich die Bringung von Ganzbäumen unter verschiedenen Abwandlungen des sogenannten »Goldberger Verfahrens« untersucht. Das gefundene Schadensniveau lag dabei tiefer als in der vorliegenden Arbeit zwischen 3,7 und 15,7 % im Winter beziehungsweise 14,6 und 19,3 % im Sommer. Erstaunlich ist vor allem das geringe Schadensausmaß des sogenannten »erweiterten Goldberger Verfahrens«, bei dem die abgetrennten Bäume nicht durch den Fällarbeiter, sondern im Rahmen einer kombinierten Arbeitsweise durch den Rückeschlepper zu Fall gebracht wurden. Gerade zur letzteren Variante des Zufallbringens konnten im Rahmen der eigenen Untersuchungen an drei Beständen die entgegengesetzte Tendenz festgestellt werden. Durch eine »Auffächerung« der mit Schlepper zu Fall gebrachten Bäume traten vermehrt Fehlwürfe und höhere Rückeschäden auf. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Versuche G. Pabst v. Ohains (1974) in Gebieten stattfanden, in denen das »Goldberger Verfahren« eingeführt ist; dies trifft für Baden-Württemberg im Normalfall nicht zu. Sowohl für die Zahl als auch für die Größe der Schäden wurden ausgeprägtere Unterschiede zwischen Saftzeit und Safruhe gefunden. Für Zahl und Größe der Schäden wurden im Sommer jeweils 100 % Steigerung gegenüber der Safruhe angegeben. (Methodisch ist zu berücksichtigen, daß die Schadensgröße auf den Baum bezogen wurde.)

Die Untersuchungen von H. H. Höfle (1971) wurden im Rahmen der vorliegenden Gesamtauswertung aller Versuchsdaten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt miteinbezogen. Höfle hatte fallende Längen bei Schlepper- und Pferdebringung verglichen sowie in einem weiteren Versuchspaar Kranlängen und fallende Längen. Die Ergebnisse ordnen sich ohne weiteres in die Spreitung der aus vielen Beständen stammenden Versuchsdaten ein.

Die Untersuchungen von G. Backhaus (1971) und M. Khalisy / G. Oesten / G. Wölfle (1971) beziehen sich auf Buchen-Bestände und können deshalb nicht ohne weiteres mit den Ergebnissen von Fichten-Beständen verglichen werden. In beiden Untersuchungen sind die Unterschiede zwischen Saftzeit und Safruhe auch bei Buche deutlich aufgetreten (33 % beziehungsweise 50 % mehr Schäden im Sommer).

Die Ergebnisse der skandinavischen Untersuchungen sind durch das völlig unterschiedliche Bringungsverfahren mit lasttragenden Schleppern nicht vergleichbar. Während Schadensursache in Skandinavien vor allem die Schlepperfahrten auf der Rückegasse sind, liegt das Schadensschwergewicht beim Einsatz von Seilwinden-Rückefahrzeugen beim Arbeitsabschnitt Vorliefern.

Für das Schadensausmaß bleibt zusammenfassend festzuhalten, daß die Untersuchungsergebnisse anderer Autoren – bei eingeschränkter Vergleichbarkeit durch methodische Unterschiede – überwiegend stärkere Unterschiede zwischen Saftzeit und Safruhe aufweisen; dies gilt vor allem für die Zahl der Schäden, in geringerem Umfang für die Schadensgröße.

6.4 Zur Bestandeserschließung und Verteilung der Schäden

Die Empfehlungen der vergangenen Jahre, auch bei Bringung fallender Längen die Rückegassenabstände aus Kosten- aber auch aus Pfléglichkeitsgründen auf 20 bis 30 m zu verringern, müssen nach den vorliegenden Versuchsergebnissen überprüft werden. In Methode und Zielsetzung vergleichbare Untersuchungen anderer Autoren liegen nicht vor. Dies gilt vor allem für die in Mitteleuropa typischen Arbeits- und Rückeverfahren.

Die Untersuchungsergebnisse weisen für die Bringung des Nadelwachholzes in langer Form bei Rückegassenabständen von ca. 40 m ein Schadensminimum auf (Abbildung 6). Da das Minimum nicht sehr ausgeprägt ist, kann der optimale Bereich mit 35 bis 45 m relativ weit gefaßt werden. Der Kurvenverlauf in Abhängigkeit von der Erschließungsdichte wird plausibel, wenn man berücksichtigt, daß die Bäume in Gassennähe wesentlich stärker gefährdet sind und daß sich bei einer Verdichtung des Rückegassennetzes diese Zonen häufiger wiederholen. Andererseits sind einer Erweiterung der Gassenabstände durch die Vorlieferdistanz und Holzkonzentration, die beide auch schadens erhöhend wirken, ebenfalls Grenzen gesetzt.

Die Kurve der pfleglichen Bringung (gleichzusetzen mit indirekten Rückekosten durch Schäden) verläuft damit abweichend von der Kurve der direkten Bringungskosten, denn je kleiner die Vorliefer- und Rückeentfernung, desto geringer sind die entfernungsabhängigen Bringungskosten. Ein anderer Teil der Bringungskosten wie Anhängen, Abhängen und Poltern ist entfernungsunabhängig. Die direkten Bringungskosten fördern deshalb einen möglichst geringen Rückegassenabstand. Als untere Grenze wurden bisher 15 bis 20 m Rückegassenabstand angesehen; eine weitere Verkleinerung der Abstände wird von Zuwachsverlusten auf der Gesamtfläche begleitet. Zwischen den gegenläufigen Tendenzen von direkten und indirekten Bringungskosten ist ein Kompromiß zu finden, der bei etwa 30 m Rückegassenabstand liegen dürfte. Die bei diesem Abstand gegenüber dem Optimum auftretenden Wertverluste durch Schäden am bleibenden Bestand liegen in einer Größenordnung, die durch Senkung der direkten Bringungskosten noch erreichbar scheint.

Am Beispiel des Arbeitsverfahrens fallende Längen außer Saft, dicktörtig mit Schlepper gerückt, kann für den Rückegassenabstand von 25 m ein um 7 Punkte höheres Schadensprozent gegenüber dem Gassenabstand 40 m ermittelt werden (aus Abbildung 6). Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Tabelle 30 sind drei Durchforstungseingriffe mit wirtschaftlichen Verlusten von 3,80 DM je Festmeter Durchforstungsanfall verbunden. Dieser Betrag wird kaum durch ein dichteres Rückegassennetz und gesenkte direkte Bringungskosten erreichbar sein. Dieselbe Kalkulation für einen Rückegassenabstand von 30 m und nur 3 % Mehrschäden ergibt Verluste von 1,60 DM/Fm Durchforstungsanfall und rückt damit eher in den Bereich der realisierbaren Einsparungen.

Für die Kurzholz- und Kranlängenverfahren ist ein dichtes Netz von Rückegassen einerseits und ein geringes Schadensniveau andererseits durchaus vereinbar; das körperlich sehr anstrengende Vorliefern von Hand macht ein dichtes Erschließungssystem zu einer Voraussetzung des Verfahrens.

Die Verteilung der Rückeschäden über den Bestand weist für alle Arbeitsverfahren eine deutliche Abhängigkeit von der Baumentfernung zur Rückegasse auf. Zahl, Größe und Schwere der Beschädigungen steigen linear zur Rückegasse hin an. Die Randbäume zur Rückegasse schließlich nehmen eine Sonderstellung ein und sind bei den Langholzverfahren zu 60 bis 80 % beschädigt. Auf die ungleichmäßige Verteilung der Rückeschäden über den Bestand hatte auch H. H. Höfle (1971) hingewiesen: Bei Rückegassenabständen von 35 bis über 50 m lagen bei Schlepperbringung von fallenden Längen 62 bis 68 % der Schäden näher als 10 m zur Rückegasse, allein die Pferdebringung unterschritt mit 56 % diesen hohen Anteil der gassennahen Schäden.

Die Schadensverteilung in den skandinavischen Untersuchungen ist durch die Bringungsmethode mit lasttragenden Schleppern geprägt; es besteht eine starke Konzentration auf die Rückegassenrandbäume (J. Scholander 1973, M. Kantola 1974, M. Kärkkäinen 1970, 1973). Nach S. Hannelius/M. Lillandt (1970) liegen 81 % der Schäden unmittelbar an der Rückegasse. Diese Konzentration führt dazu, daß J. Fries (1974) die Zahl der Schäden je 100 lfdm Rückegasse als mögliche Maßzahl für das Schadensausmaß verwendet.

Durch die Schadensverteilung werden die Empfehlungen von P. Abetz (1975) und des Merkblatts der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Nr. 13 (1975) bestätigt, an der Rückegasse keine Zukunfts-Bäume auszuwählen. Nach eigenen Beobachtungen wird diese Empfehlung in der Praxis bisher nicht konsequent genug beachtet, so daß häufig auch für

Zukunfts-Bäume hohe Schadensprozente auftreten. Eine deutliche Farbmarkierung der ausgewählten Zukunfts-Bäume kann außerdem dazu beitragen, daß – entgegen dem allgemeinen Trend zur höheren Gefährdung starker Bäume – das Schadensprozent für die Zukunfts-Bäume gesenkt wird.

6.5 Zur Wahrscheinlichkeit und Ausdehnung von Wundfäulen sowie zu den beteiligten Mikroorganismen

Bei einem Vergleich verschiedener Wundfäule-Untersuchungen sind methodische Unterschiede in der Auswertung festzustellen. Während einige Autoren grundsätzlich in **Fäulewahrscheinlichkeit** und **Fäuleausdehnung** trennen, wird in anderen Untersuchungen nicht klar angesprochen, ob auch Bäume vorgelegen haben, bei denen trotz Beschädigung eine Wundfäule nicht eingetreten ist. Insofern bleibt teilweise unklar, ob gesund überwallte Verletzungen mit dem Fäulewachstum 0 in die Auswertung eingegangen sind.

Zusammen mit G. Bazzigher (1973), S. Schönhar (1975) und J. Fries (1975, 1976) ist in der vorliegenden Untersuchung die Trennung von Fäulewahrscheinlichkeit und Fäuleausdehnung vorgenommen worden. Der Fäulefortschritt wurde damit nur am verminderten Material untersucht, bei dem tatsächlich eine Wundfäule eingetreten ist. Dagegen befassen sich die Wundfäule-Untersuchungen von H. Weiß (1959), A. Roeder (1970), H. Löffler (1975), A. Isomäki/T. Kallio (1974), H. v. Pechmann/H. v. Aufseß (1971), H. v. Pechmann/H. v. Aufseß/K. E. Rehfuß (1973), L. Dimitriti/G. Schumann (1975) nur mit den Faktoren, die den Fäulefortschritt beeinflussen. Über eine getrennte Untersuchung der Fäulewahrscheinlichkeit wird nicht berichtet.

Zu einem Vergleich der **Fäulewahrscheinlichkeit** kann letztlich nur das Ergebnis von S. Schönhar (1975) herangezogen werden. Die Untersuchungen von J. Fries konzentrieren sich auf die Boden- und Wurzelschäden an den Rückegassen und G. Bazzigher behandelt großflächige Schältschäden durch Ziegenbeweidung, deren Lage am Baum andere Infektionsbedingungen schafft.

S. Schönhar (1975) fand drei Jahre nach Schadensverursachung

für die Schadensgröße bis 100 qcm Fäuleprozent 57

für die Schadensgröße 101–300 qcm Fäuleprozent 56

für die Schadensgröße über 300 qcm Fäuleprozent 82

Zum Vergleich sind die Werte der Tabelle 28 heranzuziehen, in der die Kleinschäden unter 10 qcm ausgeschieden sind. Bei einer Zusammenfassung zu entsprechenden Schadensgrößen-Gruppen errechnen sich:

für die Schadensgröße bis 100 qcm Fäuleprozent 30

für die Schadensgröße 101–300 qcm Fäuleprozent 58

für die Schadensgröße über 300 qcm (nur mit 1 % aller Beobachtungen belegt)

Von Bedeutung ist die Übereinstimmung im gut belegten Bereich der 100 bis 300 qcm großen Schäden, die Abweichungen bei den kleineren und großen Schäden sind aus den verschiedenen Methoden der Schadensaufnahme zu erklären. S. Schönhar hat die Schäden drei Jahre nach der Verletzung einmalig aufgenommen. Bei den eigenen Untersuchungen wurden die Rückeschäden nach der Verursachung beschrieben und mit Farbe markiert. Dadurch wurden zahlreiche kleine Schäden aufgenommen, die bei der Untersuchungsmethode von S. Schönhar nach drei Jahren teilweise nicht mehr sichtbar waren.

Zum Einfluß der **Verletzungstiefe** auf das Fäuleprozent liegen keine speziellen Untersuchungen vor. A. Isomäki/T. Kallio (1974) fanden für den Fäulefortschritt, daß tiefe Verletzungen zu größerer Wundfäuleausdehnung führen. H. Löffler (1975) faßt in seinem Überblick über Wundfäuleuntersuchungen diesen Einfluß wie folgt zusammen: »Verletzungen der Rinde und des Kambiums dürften bei gleicher Wundfläche harmloser sein als in den Holzkörper reichende Zerstörungen.« Derselbe Autor schreibt an anderer Stelle: »Verletzungen durch Treiben verursachen gegenüber Schältschäden zwar flächenmäßig kleinere, hingegen zumeist tief in den Holzkörper reichende

und stark zerfaserte Wunden. Schälwunden bleiben in der Regel oberflächlich. Die Voraussetzungen für Infektion und Fäuleausbreitung sind deshalb bei Treibschäden ungleich günstiger.« Die hohe Fäulewahrscheinlichkeit für Rückeschäden in Bodennähe, die durch die Versuchsergebnisse belegt werden konnte, hat F. Zöhrer bereits 1931 festgestellt, indem er die Folgen von Rückeverletzungen schwerwiegender als bei Schälwunden beurteilt, weil die Lage der Wunde in Bodennähe den Wasserzutritt begünstigt und damit die Fäuleausbreitung beschleunigt.

Auch der Einfluß der **Exposition** mit einem auf der Nordseite der Bäume höheren Fäuleprozent wird durch verschiedene andere Untersuchungen bestätigt. A. Isomäki / T. Kallio (1974) fanden nach einer Drei-Teilung der Expositionen, daß der Fäulefortschritt von NNW bis O um 29 % höher liegt als in den übrigen zwei Dritteln. In Übereinstimmung damit bezeichnen auch L. Dimitri / G. Schumann (1975) die Wunden an der NW- bis O-Seite des Baumes als die gefährlicheren. Dieselben Autoren führen die größere Gefährdung auf die langsamere Austrocknung der Wunden, die damit länger fängisch bleiben, sowie auf die höhere Luftfeuchtigkeit, die den Mikroorganismen bessere Überlebens- und Infektionsbedingungen bieten, zurück. Als mögliche weitere Ursachen werden von A. Isomäki / T. Kallio (1974) Unterschiede im Holz angeführt.

Der in den Versuchsauswertungen festgestellte mittlere **Fäulefortschritt** von 17,5 cm / Jahr über alle Flächen (5 bis 7 Jahre nach Schadensverursachung) stimmt gut mit den Ergebnissen anderer Forschungsberichte überein. F. Zöhrer (1931) ermittelte einen Fäulefortschritt je Jahr von 19,2 cm, wobei der Beobachtungszeitraum im Mittel bei knapp 20 Jahren lag. Nach einem mittleren Zeitablauf von 8 bis 10 Jahren seit Schadenseintritt geben A. Isomäki / T. Kallio (1974) für finnische Verhältnisse einen jährlichen Fäulefortschritt von 21 cm an. Für dreijährige, große Rückeschäden fand S. Schönhar (1975) ein Wundfäulewachstum von 27 cm je Jahr. In einer Wertung der Untersuchungen von F. Zöhrer (1931), H. v. Pechmann / H. v. Aufseß / K. E. Rehfuß (1973), L. Dimitri (1974) und J. Richter (1974) zog H. Löffler (1975) dazu folgende Schlüsse:

1. Der durchschnittliche jährliche vertikale Fäulefortschritt (dGZ-Fäule) kulminiert zwischen 5 und 20 Jahren nach Schadensverursachung und nimmt später mit zunehmendem Wundalter ab.
2. Nach rapidem Wachstum in den ersten, auf die Infektion folgenden Jahren geht der laufende jährliche vertikale Fäulefortschritt (IGZ-Fäule) rasch zurück.
3. Die Einzelwerte des Fäulefortschritts streuen stark von Baum zu Baum und hängen neben dem Wundalter von einer Reihe anderer Einflußfaktoren ab.

Eine mit der vorliegenden Untersuchung vergleichbare Häufigkeitsverteilung für den Fäulefortschritt der einzelnen Schäden (Tabelle 20) fanden A. Isomäki / T. Kallio (1974) an umfangreichem Material. Danach hatten allein 19 % aller Wundfäulen einen durchschnittlichen jährlichen Fäulefortschritt von weniger als 5 cm und führten damit zu keinen oder geringen wirtschaftlichen Verlusten.

Als signifikante **Einflüsse auf den Fäulefortschritt** konnten durch eine Kovarianzanalyse nur die Versuchsfläche und die Lage des Schadens am Baum nachgewiesen werden. Die Unterschiede zwischen den Versuchsflächen sind komplexer Natur und setzen sich aus Standort- und Bestandesverhältnissen unter den jeweiligen Umweltbedingungen zusammen. Der Fäulefortschritt eines Schadens an der Wurzelkehle ist signifikant höher als der eines Wurzelschadens. Nicht signifikante Trends zeigten sich noch für die Schadensgröße und den Brusthöhendurchmesser des Baumes. Zunehmende Schadensgrößen und geringere Baumdurchmesser erhöhen den Fäulefortschritt.

A. Isomäki / T. Kallio (1974) haben die Einflüsse auf den Fäulefortschritt unter den Wuchsbedingungen Finnlands untersucht. Danach ist der durchschnittliche Fäulefortschritt je Jahr

- am Wurzelanlauf größer als an Wurzel und Stamm,
- an der N- bis O-Seite des Baumes höher als an der S- und W-Seite,
- an großflächigen Wunden größer als an kleinen,
- an tiefen Verletzungen größer als an oberflächlichen,
- am höchsten wenige Jahre nach Schadensverursachung,
- an Frühsommerverletzungen größer als an Winterverletzungen.

Die Schältschadensuntersuchungen von H. Weiß (1959) und H. Löffler (1975 am gleichen Ausgangsmaterial) erbrachten eine Abhängigkeit der vertikalen Fäuleausdehnung von der Wundgröße, von der Überwallungsdauer (bei noch nicht voll überwallten Wunden) (beziehungsweise vom Wundalter (bei voll überwallten Wunden), von der durchschnittlichen Jahrringbreite und von der Baumklasse zum Fällzeitpunkt.

In der Schältschadensuntersuchung von A. Roeder (1970) konnte gezeigt werden, daß enge Beziehungen zwischen der vertikalen Fäuleausdehnung und der Größe der längsten Schälwunde bestehen. Modifizierende Einflüsse des Standorts konnten nicht nachgewiesen werden. Auch zwischen Fäulefortschritt und Brusthöhendurchmesser des Baumes oder seiner soziologischen Stellung konnte kein gesicherter Zusammenhang gefunden werden. A. Roeder verneint eine additive Wirkung beim Auftreten von mehreren Schältschäden pro Baum. Er unternahm den Versuch, aus dem oben aufgezeigten Zusammenhang eine Schätzhilfe für die Praxis herzuleiten.

Soweit in der vorliegenden Untersuchung mehrere Rückeschäden je Baum auftraten, erhöhte sich durch die Fäulewahrscheinlichkeit jeder einzelnen Verletzung die Gesamtgefährdung des Baumes, jedoch gibt es keine Hinweise, daß der Fäulefortschritt an Bäumen mit mehreren Verletzungen größer ist. Mögliche Schätzhilfen für die Faulhöhe am stehenden Baum können aus den Versuchsdaten nicht hergeleitet werden. Nach weiteren Untersuchungen zur Beziehung zwischen Fäuledurchmesser am Abtrieb und Faulhöhe über dem Abtrieb auf regionaler Basis könnte möglicherweise ein Anhalt für den Geschnitt am liegenden Baum hergeleitet werden.

Mit der Erfindung des sogenannten »Shigometers« haben sich für die Diagnose von Stammfäulen an stehenden Bäumen grundsätzlich neue Aspekte eröffnet. T. A. Tattar / A. L. Shigo / T. Chase (1972), H. R. Skutt / A. L. Shigo / R. A. Lessard (1972) und A. L. Shigo / A. Shigo (1974) u. a. haben das Gerät, das Meßverfahren und erste Versuchsergebnisse beschrieben. Über 2 bis 3 mm starke Bohrlöcher im Baum wird durch eine Sonde der elektrische Widerstand gegenüber einem pulsierenden Gleichstrom gemessen. Das batteriebetriebene, tragbare Shigometer zeigt über Veränderungen des elektrischen Widerstandes Vorkommen und Grad von fäulebedingten Holzzerstörungen an. Gemessen wird die höhere Konzentration von Kationen im zersetzten Holz. Ob und inwieweit das Shigometer für eine Fäulebeurteilung in der forstlichen Praxis Bedeutung erlangen wird, ist derzeit noch nicht abzuschätzen. Erste Versuche in der Bundesrepublik wurden durch B. Martin 1976 im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Göttingen durchgeführt.* Das Gerät könnte u. a. eine tiefgreifende Neubeurteilung der Frage der Verkehrssicherungspflicht für Bäume entlang von Verkehrswegen nach sich ziehen.

Das aus den Abimpfungen bestimmte Spektrum der an der Wundfäule beteiligten **Mikroorganismen** stimmt mit den Untersuchungen anderer Autoren an Wundfäulen weitgehend überein. Stets war *Stereum sanguinolentum* (in 47 % der Proben) der am häufigsten vorkommende, holzzerstörende Basidiomycet.

Drei Jahre nach der Verletzung stellte S. Schönhar (1975) eine 46 %ige Beteiligung von *Stereum sanguinolentum* fest. 18 % der Proben enthielten *Stereum areolatum*; *Fomes annosus* war zu 2 % beteiligt. Der Ascomycet *Nectria fuckeliana* erreichte ebenso wie in vorliegender Untersuchung den insgesamt höchsten Anteil mit 62 %, mit 41 % Beteiligung wurde der Bläuepilz *Ceratocystis piceae* gefunden. Dagegen traten *Penicillium* spp. mit 6 % wesentlich seltener auf. In nahezu allen Stämmen mit Fäulesymptomen konnte S. Schönhar holzzerstörende Basidiomyceten nachweisen.

Über das Abimpfungsergebnis an umfangreichem Material von Wundfäulen verschiedener Ursachen (u. a. Rückeschäden) berichten H. v. Pechmann / H. v. Aufseß (1971). Von den Basidiomyceten erreichte *Stereum sanguinolentum* mit 40 % Anteil ebenfalls die größte Häufigkeit, mit 20 % folgten *Stereum areolatum*, mit 16 % *Odontia bicolor*. Mit 15 % wurde eine für Wundfäulen überraschend hohe Beteiligung von *Fomes annosus* festgestellt. Unter den Nicht-Basidiomyceten überraschend hohe Beteiligung von Bakterien sowie mit 45 % *Penicillium* spp.

* Herrn Prof. Dr. S. Häberle, Göttingen, sei gedankt für die kurzfristige Überlassung der Diplomarbeit von B. Martin.

Zu einem abweichenden Ergebnis hinsichtlich des Basidiomyceten-Anteils an Wundfäulen kam G. Bazzigher (1973) an Schälsschäden. Nur 16 % der isolierten Pilze waren Basidiomyceten, wovon überraschend *Fomes annosus* vor *Stereum sanguinolentum* am häufigsten auftrat. 84 % der bestimmten Pilze gehörten den Nicht-Basidiomyceten an, wobei *Cylindrocarpon cylindroides*, eine Nebenfruchtform von *Nectria fuckeliana*, mit 60 % absolut überwog. *Stereum sanguinolentum* nimmt in vorliegender Untersuchung mit 142 cm die Spitzenstellung im **Fäulefortschritt** ein, gefolgt von *Stereum areolatum* (103 cm) und *Odontia bicolor* (90 cm). Über die Bedeutung der Ascomyceten und Bakterien bei der Wundfäule ist bisher wenig bekannt. H. v. Pechmann / H. v. Aufseß (1971) vermuten, daß ihnen vielleicht größere Bedeutung zukomme, als bisher angenommen wurde. Das gilt vor allem für den sehr häufig aus Wundfäule isolierten *Nectria fuckeliana*. Möglicherweise behindern auch niedere Pilze und Bakterien das Wachstum der Basidiomyceten auf Impfspänen. Niedere Pilze und Bakterien wirken teilweise als Antagonisten, wieder andere möglicherweise als Wegbereiter der eigentlichen Fäulepilze.

6.6 Zum wirtschaftlichen Schaden

Kalkulationen über den wirtschaftlichen Schaden durch Wundfäulen wurden in verschiedenen Untersuchungen angestellt. Die dabei zur Anwendung gekommenen unterschiedlichen Methoden erschweren eine direkte Vergleichbarkeit.

A. Roeder (1970) hat den wirtschaftlichen Schaden nach Schälsschäden als Schnittholzbewertung an konkreten, fäulegeschädigten Stämmen durchgeführt. Der ermittelte Verlust schwankt zwischen 5.– und 9.– DM je Fm Rundholz und beträgt 5 bis 15 % des Wertes von gesunden Bäumen. A. Roeder bemerkt zu seinem Ergebnis, daß in den Zahlen durch optimale Holzausnutzung im Einzelfall der geringste Verlust ermittelt wurde; eine weniger differenzierte Holzausnutzung wirkt deshalb in Richtung eines rechnerisch höheren Verlustes.

Ebenfalls für Schälsschäden hat H. Weiß (1959) den durch Qualitätsminderung und Sortierungsverlust entstehenden wirtschaftlichen Schaden kalkuliert. Unter damaligen Wertverhältnissen wurde ein Wertverlust von 6 bis 26, im Mittel 16 % des Wertes von gesundem Holz ermittelt. T. Micklitz (1915) bezifferte den Güteverlust auf 14 %. F. E. Eidmann (1952) gab einen Wert- und Sortierungsverlust von 8 bis 27 % an. Neben 22 % Zuwachsverlust fand E. Rohmeder (1937) einen Güteverlust von 19 %.

Trotz eingeschränkter Vergleichbarkeit der verschiedenen Untersuchungen verdichten sich die genannten Verluste bei 10 bis 15 % des Wertes von gesunden Bäumen.

Eine neue schwedische Untersuchung von B. Carlestad / R. Dehlen (1977) gibt für die schwedischen Rückeverfahren mit Forwardern, die sich auf einem dichten Netz von Rückegassen bewegen, die wirtschaftlichen Verluste durch Baumverletzungen mit 472 SK / ha an. Dieser Schaden bezieht sich auf einen einzigen Durchforstungsdurchgang.

Die vorliegende Untersuchung stützte sich in der Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens nicht auf konkret ausgewertete Bäume, sondern berechnete die mögliche Größenordnung des Schadens aus Modell-Rohschäften mit unterschiedlichen Faüllängen. Für Faüllängen von 2 bis 3 m liegen die ermittelten wirtschaftlichen Verluste zwischen 14.– und 19.– DM je Fm beziehungsweise zwischen 10 und 14 % des Holzwertes und damit in der Höhe vergleichbarer Untersuchungen. Für das in Tabelle 30 kalkulierte Beispiel mit günstigem Schadensverlauf (10 % der faulen Bäume ohne Gesundheitschnitt, 60 % mit 1 m Gesundheitschnitt und 30 % mit 3 m Gesundheitschnitt) errechnet sich ein mittlerer Verlust je Baum und Festmeter von 9,70 DM oder 7,0 % des Wertes von gesundem Holz.

Der kalkulierte wirtschaftliche Verlust beinhaltet sowohl den eigentlichen Qualitätsverlust durch Wundfäule als auch die dadurch bedingte veränderte Sortimentierung aller im Rohschafft enthaltenen Sortimente. Insbesondere der Abfall des Hauptsortiments in die nächstniedere Stärkekategorie mit zunehmender Faüllänge macht sich in einem beachtlichen Wertrückgang des gesamten Baumes bemerkbar.

in diesem Betrag sind noch keine zusätzlichen Kosten der Aufarbeitung, Vermessung und des Verkaufs enthalten, soweit die Bäume nicht in Rohschaffform sondern sortimentsweise getrennt ausgehalten werden. Der kalkulierte Verlust erhöht sich selbstverständlich noch, wenn in der Praxis – wie teilweise üblich – nicht differenziert meterweise gesundgeschnitten wird, sondern für einen ganzen Bestand stets 3 m lange C/D-Abschnitte ausgehalten werden.

Alle Untersuchungen machen damit deutlich, daß auftretende Wundfäulen einen beachtlichen wirtschaftlichen Schaden darstellen, der nicht zu vernachlässigen ist. Zurückgehend auf die Schadensursache kann hieraus die Bedeutung von Holzernte- und Bringungsschäden erlassen werden. Die Größenordnung möglicher wirtschaftlicher Verluste läßt daher auch Anstrengungen und Aufwand zu, um diese Verlustquellen zu meiden beziehungsweise die Kausalkette vom biologischen zum wirtschaftlichen Schaden zu unterbrechen.

Der Verlauf von Rotfäulen mit zunehmendem Bestandesalter macht es nach den Untersuchungen von R. Beisel (1973) und A. Roeder (1970) in der Regel nicht erforderlich, den Bestand vorzeitig, also vor Erreichen der technischen Hiebsreife, zu nutzen. Sonderfälle können durch stark beeinträchtigte Bestandessicherheit bei großen Faulhöhen und fortgeschrittener Holzersetzung vorliegen. Die Untersuchung von Beisel stützt sich auf umfangreiche Modellrechnungen für ganze Fichten-Betriebsklassen, wobei die Faulhöhenentwicklung, die Holzpreise, die Aufarbeitungskosten und die Bonität mehrfach variiert werden. A. Roeder folgert dies aus dem degressiven Verlauf des vertikalen Fäulezuwachses und aus der Verneinung von Zuwachsverlusten. Auch aus den eigenen Kalkulationen über den wirtschaftlichen Schaden läßt sich bei einem Vergleich verschieden starker Rohschäfte entnehmen, daß der prozentuale Verlust mit zunehmender Baumstärke beziehungsweise -alter abnimmt, da der Wert des gesunden Holzes durch den degressiven Fäulefortschritt rascher steigt.

7. Folgerungen und Ausblick

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung lassen sich eine Reihe von Folgerungen ziehen, die in der forstlichen Praxis dazu beitragen können, das Ausmaß der Transportverletzungen am bleibenden Bestand zu reduzieren. Da die völlige Verneinung von Bringungsschäden unter absehbaren technischen Möglichkeiten nicht gelingen wird, gilt es darüber hinaus Maßnahmen zu treffen, um Holzerstörungen durch Wundfäule im Gefolge von Schäden soweit als möglich zu vermeiden.

Schließlich sollte bei der Entwicklung neuer Holzernteverfahren der Gesichtspunkt der Pfleglichkeit für Bestand und Boden von Anfang an ausreichend berücksichtigt werden.

7.1 Zur Reduzierung von Bringungsschäden

Die in diesem Abschnitt zusammengefaßten Empfehlungen zu einer Verminderung der Bringungsschäden sind nur zu einem bescheidenen Teil direkte Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung. Zahlreiche, hier ebenfalls aufgeführte Hinweise sind nicht neu, werden jedoch im praktischen Rückebetrieb nicht oder nicht konsequent genug beachtet.

Maßnahmen zur Erfassung der tatsächlichen Bedeutung von Rückeschäden:

- In das Kostenbewußtsein, das sich bisher in erster Linie auf die direkten Ernte- und Bringungskosten gerichtet hat, müssen auch die **mittelbaren Kosten** durch Wertverluste am stehenden Holz einbezogen werden. Erst aus dieser Gesamtschau heraus lassen sich betriebswirtschaftlich vertretbare Entscheidungen fällen. Die in der Erfassung der indirekten Kosten liegenden Schwierigkeiten werden dabei nicht verkannt, teilweise wird vorerst nur eine Schätzhilfe möglich sein. Auf örtlichen Erfahrungen mit Wundfäulen basierende Kalkulationen oder die Ergebnisse vorliegender Untersuchung können dabei als Anhalt dienen.

- Das erarbeitete Aufnahmeverfahren für Ernte- und Rückeschäden kann dazu beitragen, die Einschätzung der Pfleglichkeit eines Verfahrens nach dem optischen Eindruck allmählich durch eine **Messung der** aufgetretenen **Schäden** zu ersetzen. Das Schadensprozent, das den Anteil der beschädigten Bäume an der Gesamtbaumzahl des bleibenden Bestandes angibt, ist eine geeignete Kennziffer zur Charakterisierung des Schadensausmaßes. Kleinschäden unter 10 qcm Größe können bei der Erfassung in der forstlichen Praxis unberücksichtigt bleiben, da sie in der Regel nicht zu Wundfäule führen. Für die Schätzung der Fäulewahrscheinlichkeit kann neben der örtlichen Erfahrung die zu erhebende Schadensgröße wesentlich beitragen.

Maßnahmen, die in der Wahl der Arbeitsverfahren und der Jahreszeit liegen:

- Soweit es die Absatzverhältnisse von Nadelindustrieholz zulassen, sollten **in Erstdurchforstungen in befahrbaren Lagen Kurzholz** (2 m) **oder Kranlängen** (3 bis möglichst nur 5 m Länge) ausgehalten werden. Durch beide Sortimentslängen werden die Bringungsschäden auf niederem Niveau gehalten und im wesentlichen auf die Randbäume der Rückegassen begrenzt. Zwar sind beide Sortimente auf das Vorliefern von Hand angewiesen, doch die Fällung der Bäume zur Rückegasse und die Begrenzung der Kranlängen auf 5 m gewährleisten geringe Vorlieferdistanzen und nicht zu hohe Stückmassen. Eine Reihe von technischen Hilfsmitteln wie z. B. die schwedische Packzange oder der Morbacher Fällhebelkarren tragen zur Arbeitserleichterung bei.
- Die Bringung von langem Industrieholz und von Ganzbäumen während der Saftzeit führt zu höheren Rückeschäden, die weniger auf der Zahl der Verletzungen als vielmehr auf der größeren mittleren Wundfläche beruhen. Größere Schäden jedoch ziehen wiederum eine höhere Fäulewahrscheinlichkeit nach sich. **Fallende Längen und Ganzbäume** sollten deshalb soweit als möglich **nur außerhalb der Saftzeit** gerückt werden. Durch vorausplanende Arbeitsorganisation kann bei ganzjährigem Holzeinschlag eines Forstbetriebes die Saftzeit dem Einschlag von Rückegassenhölzern beziehungsweise dem Auftrieb von Maschinenwegen vorbehalten werden. Der auf diesem Sektor noch vorhandene Nachholbedarf erlaubt zumindest mittelfristig eine entsprechende Hiebsorganisation.
- Obwohl der **Pferdeeinsatz** bei der Bringung nur bedingt zu der erwarteten Senkung des Schadensprozents führt, kann er im Vergleich zur Schlepperbringung doch empfohlen werden, soweit überhaupt noch entsprechende Arbeitspferde verfügbar sind. Das Pferd verursacht im Durchschnitt die kleinsten Schäden aller Arbeitsverfahren – dies gilt auch für die Saftzeit – und zieht damit eine geringere Fäulewahrscheinlichkeit nach sich.
- Wesentlich mehr Beachtung als bisher verdient die **dünnörtige Bringung des langen Holzes** durch Schlepper. Über weite Teile des Landes wird dieses Verfahren aus Gewohnheit nicht angewandt, obwohl es neben dem Kurzholz mit den geringsten Rückeschäden behaftet ist. Die Erklärung für den geringen Schadensumfang ist in der kürzeren Vorlieferdistanz durch Fällung zur Rückegasse und in der besseren Anpassungsfähigkeit des dünnörtig angehängten Holzes zu sehen. Gegen das Verfahren wird eingewandt, daß sich das Holz zu häufig aus den Chokerketten löst, wenn das Seil nicht unter Zug steht. Durch diese Störung und die dadurch bedingten zusätzlichen Laufzeiten für den Bedienungsmann ist das Verfahren bei Rückern nicht beliebt. Diese Nachteile können jedoch größtenteils behoben werden, wenn der letzte Astkranz nicht stammeben entfernt, sondern gestummelt wird. Außerdem ist an konstruktive Änderungen der gebräuchlichen Chokerketten und -seile zu denken, damit ein unbeabsichtigtes Aushängen des Holzes erschwert wird.

Maßnahmen, die in Auswahl und Kennzeichnung der Zukunfts-Bäume begründet liegen:

- Soweit eine Auslesedurchforstung mit Zukunfts-Baum-Auswahl stattfindet, dürfen die **Zukunfts-Bäume nicht Rückegassenrandbäume** sein, da diese mit hoher Wahrscheinlichkeit beschädigt werden. Auch 1 und 2 m von der Rückegasse entfernte Bäume unterliegen einer wesentlich stärkeren Gefährdung als weiter entfernte Bäume. Unterstellt man eine Rückegas-

senbreite von 3 m und mindestens 2 m Sicherheitsabstand beidseits der Rückegasse, so ergibt sich über den Bestand eine ungleichmäßige Zukunfts-Baum-Verteilung mit einer 7 m breiten Zone ohne Zukunfts-Bäume, die jedoch im Erntealter nur noch unbedeutend vom normalen Baumabstand abweicht.

- **Zukunfts-Bäume** unterliegen einer geringeren Gefährdung, wenn **sie bleibend markiert** sind. Markierungen sollten deshalb nicht nur für die Dauer der waldbaulichen Durchforstungsentscheidungen angebracht werden, sondern unter allen Umständen auch während des Rückevorgangs noch vorhanden sein. Soweit nicht deutliche Farbmarkierungen verwendet werden, müssen wieder entfernbare Kennzeichnungen ausreichend widerstandsfähig gegen fallende Bäume und Witterungseinflüsse angebracht werden.
- Beschädigte Rückegassen-Randbäume bleiben nach dem Hieb stehen und dienen auch in der kommenden Durchforstung wieder zur Aufnahme unvermeidlicher Rückeschäden. Die nachträgliche Entnahme stark beschädigter Randbäume erweitert die Rückegasse und stellt für den nächsten Eingriff neue Bäume unter Randeinfluß.

Maßnahmen der zweckmäßigen Feinerschließung der Bestände:

- Rückegassenabstände um 40 m haben sich bei Aushaltung von langem Industrieholz unter dem Pfleglichkeitsgesichtspunkt als optimal erwiesen. Da die direkten Rückekosten für einen kleineren Abstand sprechen, kann ein Kompromiß von ca. **30 m Rückegassenabstand** empfohlen werden. Auch für die Kurzaushaltung von Industrieholz im ersten Durchforstungseingriff ist dieser Abstand akzeptabel, da die Fällrichtung senkrecht zur Rückegasse liegt.
- **Ausreichend breite Rückegassen** (Breite vor allem auf das Rückemittel abgestimmt) senken die Zahl der beschädigten Randbäume. Zur maximalen Schlepperbreite muß ein beidseitiger Spielraum von mindestens 0,50 m zugerechnet werden, um das Rücken nicht zu erschweren und übermäßig hohe Schäden an den Wurzelanläufen der Randbäume zu vermeiden. Wundfäulen, die von schafffernen Wurzelverletzungen ausgehen, erreichen den Stamm wesentlich seltener; auch aus dieser Sicht empfiehlt sich eine Rückegassenbreite von mindestens 3,0, besser 3,5 bis 4,0 m.
- Die Rückegassenanlage durch Aushieb einer Pflanzreihe schafft die Voraussetzungen für einen hohen Beschädigungsgrad der Randreihen. Durch den Reihenverband wird das Einschwenken von langem Holz in die Rückegasse erschwert. Unter dem Schadensaspekt günstiger zu beurteilen sind **schräg zu den Pflanzreihen verlaufende Rückegassen**.

Maßnahmen der Schlagordnung und der Organisation der Bringung:

- Eine gute Schlagordnung mit **genauer Einhaltung der Fällrichtung** trägt wesentlich zur Vermeidung von Rückeschäden bei. Der zur Rückegasse einzuhaltende Winkel für die Fällrichtung hängt von der Entfernung zur Rückegasse ab, er ist spitz in Gassennähe und stumpfer in größerer Entfernung. Durch »Abtragen« des Baumes in dichten Beständen oder den Einsatz des Morbacher Fällhebelkarrens kann eine gute Fällordnung unterstützt werden.
- Die **Integration von Hauen und Rücken** und der Einsatz des Schleppers auch zum zu Fall bringen der angelehnten Bäume vermag nur bei voller Übung und gutem Zusammenspiel der Fäll- und Rückemannschaft zur Pfleglichkeit beizutragen. Bestehen diese Voraussetzungen nicht, so »fächern« die angehängten Bäume beim Fallen leicht auf, und die Zahl der Fehlwürfe mit nachfolgenden Rückeschäden nimmt zu.
- Die **Vergabe des Rückens** nach Festmeter-Sätzen an Unternehmer oder Waldarbeiter wirkt der gewünschten Pfleglichkeit für den verbleibenden Bestand entgegen. Dies gilt mindestens solange, als der Umfang der Rückeschäden nicht neben der Rückeleistung in die Rückeabrechnung miteinbezogen wird. Es muß andererseits eingeräumt werden, daß eine Mitberücksichtigung der Rückeschäden zusätzliche Erhebungen zur Folge hätte, wenn man sich nicht allein auf den guttachtlichen Eindruck verlassen will.
- Erfolgversprechend für eine Reduzierung der Rückeschäden ist eine entsprechende **Schu-**

lung der beim Rücken eingesetzten Waldarbeiter und Unternehmer. Zumindest viele Unternehmer, die noch nicht selbst mit der Fällung und Aushaltung des Holzes beschäftigt waren, machen sich keine Vorstellungen von den möglichen Verlusten, die von Rückeschäden ausgehen können. In der Vergangenheit war das Kostendenken in der Bringung zu sehr auf die direkten Rückekosten beschränkt.

Maßnahmen durch die technische Ausrüstung des Rückemittels:

- Der Einsatz der **Funkfernsteuerung** für die Schlepperseilwinde bringt nur nennenswerte Vorteile, wenn die technisch gegebenen Möglichkeiten, die Beizugslast zu begleiten und mit Hilfe des Sappie um Hindernisse herum zu lenken, auch tatsächlich genutzt wird. Der Leistungsdruck bei Vergabe des Rückens nach Festmeter-Sätzen ohne entsprechende Berücksichtigung der Pfleglichkeit führt dazu, daß die Möglichkeiten des Eingreifens viel zu wenig genutzt werden. In dieselbe Richtung wirken Gewohnheit und Bequemlichkeit des Rückers, denn eine seitliche Umlenkung der Last mit dem Sappie ist mit körperlicher Arbeit verbunden. Dagegen steht die Verlockung mittels Knopfdruck über die Funksteuerung die Kraftreserven der Maschine einzusetzen.
- Ein **hoher Seileinlauf** der Schlepperseilwinde hebt zumindest in Rückegassennähe die Last vom Boden ab und vermindert dadurch Schäden an flachstreichenden Wurzeln und an Wurzelanläufen. Verstärkt könnte dieser Effekt durch den Seileinlauf über einen drehbaren 2,5 bis 3 m hohen Galgen werden. Die Möglichkeit, den Galgen auf Funkbefehl zu drehen und damit den Beizugswinkel zu verändern, trägt in Gassennähe ebenfalls zur Schadensminderung bei. Die skandinavischen Erfahrungen mit diesem Prinzip sind außerordentlich positiv und ermutigen zu einer stärkeren Erprobung auch unter mitteleuropäischen Verhältnissen.
- **Ausreichende Kraftreserven** der eingesetzten Rückeschlepper schonen die Rückegassen und verhindern frühzeitigen Schlupf der Reifen. Die Boden- und Wurzelschäden werden dadurch vermindert. Voraussetzung ist selbstverständlich ein verantwortungsbewußter Maschinenfahrer, der Erfahrung und Geschick nicht durch Kraft zu ersetzen versucht.
- **Niederdruckreifen** an modernen Rückeschleppern führen zu geringem Bodendruck je cm^2 und vermindern dadurch ebenfalls Spurbildungen sowie Boden- und Wurzelschäden. Teilweise werden modernen knickgelenkten Rückeschleppern höhere Bodenschäden zugeschrieben. Tatsächlich sind die Ursachen größerer Bodenschäden in der Regel darin zu suchen, daß Spezialschlepper noch bei Wetter- und Bodenverhältnissen arbeiten, die bei herkömmlichen Schleppern bereits zur Arbeitseinstellung geführt hätten.

7.2 Zur Vermeidung von Wundfäulen

Da es voraussichtlich auch bei sorgfältiger Arbeitsweise und richtiger Verfahrenswahl nicht möglich sein wird, alle Schäden am verbleibenden Bestand zu vermeiden, gilt es, die Kausalkette von der Verletzung zum wirtschaftlichen Schaden zu unterbrechen. Nach den Empfehlungen zur Schadensminderung im vorhergehenden Abschnitt werden nachfolgend **vorbeugende Maßnahmen** diskutiert, die nach Verletzungseintritt eine Infektion durch holzerstörende Pilze verhindern sollen.

Zur Vermeidung von Wundfäulen tragen auch alle Schadensmerkmale und Arbeitsverfahren bei, welche die Fäulewahrscheinlichkeit herabsetzen (z.B. kleine, oberflächliche Verletzungen, Wunden an Wurzeln in Stammentfernungen von mehr als 0,50 m, Wunden am Schaft oberhalb ca. 0,5 m usw.).

Behandelt werden hier vor allem technische Maßnahmen, um eingetretene Verletzungen am verbleibenden Bestand vor Pilzinfektionen zu schützen. Durch die Aufbringung von **fungizid wirkenden Mitteln** erhalten die Wunden einen Oberflächenabschluß, der durch seine Wirkstoffkombination gleichzeitig das Keimen der Pilzsporen ver- oder zumindest behindert. Als **Applika-**

tionsform für die Aufbringung fungizid wirkender Mittel auf Baumverletzungen kommt vor allem Streichen oder Spritzen in Frage.*

Die von L. Dimitri / G. Schumann (1975) und S. Schönhar (noch unveröffentlicht) unter mitteleuropäischen Bedingungen angestellten Versuche in diese Richtung rechtfertigen die Hoffnung, daß durch bekannte oder neu entwickelte chemische Mittel ein Schutz gewährleistet wird, der mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Pilzinfektion verhindern kann. Anknüpfend an die natürliche Schutzreaktion eines frisch verletzten Baumes durch Harzfluß, erwarten L. Dimitri / G. Schumann eine besonders gute Wirksamkeit von denjenigen Mitteln, die neben einer fungiziden Wirkung gleichzeitig den Baum zum aktiven Schutz durch starke Harzbildung und -absonderung anregen. Ein abschließendes Urteil über die Frage der geeigneten Schutzmittel und der zweckmäßigen und ökonomischen Applikationsform kann derzeit noch nicht gezogen werden. Nachdem verheißungsvolle Ergebnisse kleinerer Vorversuche vorliegen, sollten diese Untersuchungen verstärkt fortgesetzt werden.

Um einen zuverlässigen Schutz zu gewährleisten, wird es voraussichtlich notwendig sein, das Schutzmittel möglichst rasch nach dem Eintritt der Baumverletzung aufzubringen, damit holzerstörende Pilze nicht bereits eingedrungen sind. Bei der derzeitigen Organisation der Bringung im südwestdeutschen Raum überwiegend in Unternehmerarbeit wird es nicht immer sicherzustellen sein, daß rasch die notwendige Schutzbehandlung folgt. Zu überlegen bleibt, ob dieser Schutz zweckmäßig durch die Rückemannschaft selbst durchgeführt werden könnte, da

- dadurch als indirekte Auswirkung möglicherweise die Zahl der Verletzungen reduziert werden kann,
- dieser Personenkreis die besten Kenntnisse über Verteilung und Konzentration der Beschädigungen hat und zeitaufwendiges Suchen vermieden wird,
- damit auch die zeitliche Koppelung des Schutzes unmittelbar an die Bringung gewährleistet werden könnte.

Eines Schutzes gegen Pilzinfektionen bedürfen nicht alle Verletzungen am verbleibenden Bestand; durch die Fäulewahrscheinlichkeit und den möglichen Umfang wirtschaftlicher Verluste müssen vor allem

- die Verletzungen an Zukunfts-Bäumen und
- große Verletzungen ab ca. 30 qcm Wundfläche

behandelt werden. Unter diesen Einschränkungen kann der mit dem Schutz verbundene Arbeits- und Materialaufwand in einem vertretbaren Ausmaß gehalten werden.

Zu einer Prüfung der ökonomischen Vertretbarkeit von Schutzmaßnahmen wird die nachfolgende überschlägige Kalkulation angestellt, der eine experimentelle Untermauerung vorerst fehlt:

Im Anhalt an die Ausbringung von chemischen Schutzmitteln gegen Schälsschäden durch Rotwild kann mit einem Zeitaufwand von ca. drei Minuten für einen beschädigten Baum gerechnet werden. Diese Zeit beinhaltet sowohl das Aufsuchen des Baumes als auch die Aufbringung des Mittels und die erforderlichen allgemeinen Zeiten. Innerhalb der allgemeinen Zeiten kommt bei chemischen Schutzmitteln erfahrungsgemäß der Rüstzeit eine besondere Bedeutung zu. Drei Minuten Zeitaufwand entsprechen Arbeitskosten (einschließlich Lohnnebenkosten) von knapp 1,– DM je Baum. Hinzu kommen Mittelkosten, die mit –,30 DM je Baum angesetzt werden, so daß der Gesamtaufwand je Baum bei ca. 1,30 DM liegen dürfte. Unterstellt man 400 Zukunfts-Bäume je ha und ihre konsequente Förderung bis zum Umtriebsalter, ein Beschädigungsprozent der Zukunfts-Bäume von 20 % sowie einen Schutz aller über 30 qcm großen Verletzungen, so sind je ha 63 Verletzungen an 45 verschiedenen Bäumen zu behandeln. Dies entspricht einem Zeitaufwand von 135 Minuten je ha oder einem Kostenaufwand für Arbeit und Material von etwa 58,– DM je ha. Wird der Schutz auch auf Nicht-Zukunfts-Bäume mit größeren Verletzungen ausgedehnt, so erhöht sich der Aufwand entsprechend der zusätzlichen Zahl der Bäume.

* Im Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg i Br. untersucht derzeit B. Mannhems in einer Diplomarbeit die »Arbeitsverfahren, Leistungen und Kosten bei der Wundbehandlung von Rükkeschäden in Durchforstungsbeständen«.

Diesem veranschlagten Aufwand von knapp 60,— DM je ha für die Schutzbehandlung der beschädigten Zukunfts-Bäume steht bei Unterlassung des Schutzes ein kalkulierter Wertverlust (entsprechend Fäuleergebnis nach Tabelle 30) von 9.50 DM je wundfaulem Baum oder mindestens 214,— DM je ha gegenüber. Da die Zukunfts-Bäume das Umtriebsalter erreichen, werden der Fäulefortschritt und der wirtschaftliche Schaden noch höher liegen; der Wertverlust wird deshalb vorsichtig auf mindestens 300,— DM je ha veranschlagt. Damit betragen die **Schutzkosten ca. 20 % des zu erwartenden Wertverlustes**, wenn eine Schutzbehandlung unterbleibt.

Aus dieser Kostenrelation kann geschlossen werden, daß es auch ökonomisch sinnvoll ist, durch eine Schutzbehandlung zumindest an den Zukunfts-Bäumen des bleibenden Bestandes einer Wundfäuleinfektion zuvorzukommen. Aus ökonomischer Sicht läßt sich der Schutz auch auf eine größere Baumzahl je ha, die über die Zukunfts-Bäume hinausgeht, ausdehnen.

Unterstellt wurde der Vergleichskalkulation ein 100 %iger Schutz durch die Behandlung; soweit dieser durch weniger geeignete Mittel nicht gewährleistet ist, reduziert sich die Differenz zwischen Arbeitsaufwand und Wertverlust.

7.3 Auf die Entwicklung der Holzernteverfahren

Für die voraussichtliche **Weiterentwicklung** der mitteleuropäischen **Holzernteverfahren** in schwachen Nadelholzdurchforstungen lassen sich skandinavische Mechanisierungstendenzen zu Rate ziehen. Bei einer Beschränkung auf befahrbare Lagen ergeben sich – abgesehen von Unterschieden in der Besitzstruktur – durchaus vergleichbare Ausgangssituationen. Die Mechanisierung der Holzernte in Skandinavien war in Vergangenheit und Gegenwart durch einen 5- bis 10jährigen Entwicklungsvorsprung gegenüber Mitteleuropa gekennzeichnet. Von einem ähnlichen Gefälle kann auch in Zukunft ausgegangen werden.

Nach L. Strömquist (1977) machen die Durchforstungen in Schweden derzeit nur 20 % des Gesamteinschlags aus; bis 1982 wird jedoch mit einer 37 %igen Massensteigerung der Vornutzungen gerechnet. Diese Tendenz erklärt die Bedeutung, die in Schweden auch der Entwicklung rationaler Erntemethoden für Durchforstungen zugemessen wird.

In einer **mittelfristigen** Betrachtung bis 1985, die sich auf die technische Entwicklung der letzten Jahre stützt, erwartet S. Leinert (1977) für Skandinavien eine Verbreiterung der Arbeitsfelder und damit veränderte Erschließungsintensitäten. Die bisherigen Rückegassenabstände von 20 m sollen aus Gründen der Boden- und Bestandesschäden durch 60 bis 80 m breite Arbeitsfelder abgelöst werden. Für den privaten Waldbesitzer forderten B. Carlestad/R. Dehlen (1977) diese Verfahrensänderung aus wirtschaftlichen Gründen, wenn man die Verluste durch Schäden mit einbezieht.

Für die zurückliegenden Jahre bezeichnet L. Strömquist (1977) die Einführung der Seilwinde für das Vorrücken des Schwachholzes an die Rückegasse als die wesentlichste Rationalisierung in Durchforstungsbeständen. Trotzdem wurden im Bereich der Staatsforstverwaltung Schwedens 1977 insgesamt erst 20 bis 25 % der Durchforstungsanfälle mit der Seilwinde gerückt. Nach S. Leinert (1977) wird sich diese Tendenz weiter verstärken, wobei durch einen hohen Seileinlauf in Verbindung mit einem drehbaren Galgen und die Nutzung der Funkfernsteuerung Bringungsschäden vermieden werden sollen. Für beide Autoren ist die nachfolgende maschinelle Bearbeitung des Holzes durch mobile Processoren, die sich auf der Rückegasse bewegen, eine konsequente Fortsetzung der Arbeitskette. Die Rückung des ausgehaltenen Kurz- oder Kranlängenholzes erfolgt mit Schichtholzrückezügen. Die schon bisher mit ca. 90 % dominierende Sortimentsmethode wird sich den Prognosen zufolge bis 1982 auf 96 % des Holzanfalls ausweiten. Obwohl nach C. Boström (1977) die Sortimentsmethode mit 20 m Rückegassenabstand und ohne Seilwindeneinsatz momentan kostengünstiger arbeitet – H. Berg (1976) beziffert die Mehrkosten des Windeneinsatzes auf ca. 10 Skr./cbm – werden die Vorteile des Windeneinsatzes und eines auf ca. 80 m erweiterten Rückegassenabstandes langfristig für durchschlagend gehalten (größere produzierende Fläche und geringere Bodenschäden).

Für die fernere Zukunft **nach 1985** erwartet S. Leinert (1977) den serienmäßigen Einsatz von weitreichenden, starken Kränen, die entweder mit Fällaggregaten ausgerüstet sind oder lediglich das Vorliefern übernehmen. Diese technische Entwicklung zeichnet sich bereits seit einigen Jahren ab und wird auch der großen Bedeutung der Durchforstungen in Mitteleuropa zugute kommen. Derzeit werden bereits Kranreichweiten von 10 bis 12 m bei 1 t Hubkraft als Prototypen und Kleinserien gefertigt. Es darf erwartet werden, daß sich die Reichweite bei gleicher oder erhöhter Hubkraft auf etwa 15 m erweitern läßt, was einem Rückegassenabstand von knapp 35 m entsprechen würde.

Unter dem Gesichtspunkt der Verminderung von Bringungsschäden gewinnt der für Skandinavien prognostizierte Einsatz von Processoren auf der Rückegasse auch für Mitteleuropa an Bedeutung. Durch quer zur Fahrtrichtung arbeitende Processoren werden die Voraussetzungen geschaffen, daß das Holz bei guter Fällordnung auf kürzeste Distanz zu Rückegasse vorgeliefert, jedoch nicht mehr in Gassenrichtung geschwenkt werden muß. Wie die Schadensaufnahmen gezeigt haben, werden gerade durch das Schwenken in Gassennähe große Schäden verursacht. Während sich die mittelfristigen Entwicklungstendenzen mit hohem Seileinlauf, drehbarem Galgen, Funkfernbedienung der Winde und evtl. Processoreneinsatz mit Querdurchlauf des Holzes zweifelsohne schadensmindernd auswirken werden, muß dieser Effekt für die langfristig erwarteten Fäll- und Vorlieferarme mit Reichweiten bis 15 m noch sorgfältig geprüft werden. Bisherige Versuche mit Fällarmen ermutigen in der Hoffnung, daß sich das Schadensniveau senken läßt und daß vor allem die bodennahen, besonders infektionsgefährdeten Verletzungen vermieden werden können.

Zur Schadensreduzierung muß das bisher übliche Durchforstungssystem in ein Eingriffs- und Erntesystem erweitert werden. Eine rein selektive Durchforstung nach vorhergehender Auszeichnung durch den Forstmann wird beim Einsatz von weitreichenden hydraulischen Kränen nicht mehr möglich sein. Das neue Eingriffssystem wird eine Kombination aus selektiver und linienartiger Durchforstung darstellen. Die vorherige Auswahl und Kennzeichnung der zu entnehmenden Bäume wird durch eine positive Auswahl der zu begünstigenden und nicht zu beschädigenden Zukunfts-Bäume ersetzt werden müssen. Insoweit muß auch das waldbauliche Eingriffssystem auf die nachfolgende Holzernte Rücksicht nehmen. Erste Schritte in diese Richtung wurden bereits in der Vergangenheit unternommen, erinnert sei an die Bestandeserschließung durch sogenannte »Seillinien« als Erschließungslinien zweiter Ordnung in einem Bestand.

Die Trägerfahrzeuge für weitreichende Kräne werden zwangsläufig relativ schwer sein, damit kommt auch der Vermeidung von Boden- und Wurzelschäden auf der Rückegasse erhöhte Bedeutung zu. Einer schonenden Ausformung von Reifen und evtl. Raupen mißt H. Berg (1976) deshalb besondere Bedeutung zu, während J. Fries (1975) vor allem auf den Schutz durch Reissiglagen hinweist.

Die heutigen Kenntnisse über Boden- und Bestandesschäden lassen hoffen, daß diese Aspekte bereits in der Entwicklungs- und Erprobungsphase neuer Erntemethoden und ihrer Maschinen ausreichend berücksichtigt werden.

8. Zusammenfassung

Der Transport des geernteten Holzes vom Stock zum Verkaufspolter an die Waldstraße verursacht je nach Gelände-, Bestandesverhältnissen und Arbeitsbedingungen in unterschiedlichem Ausmaß Beschädigungen an den Bäumen des verbleibenden Bestandes, die als **Rückeschäden** bezeichnet werden. Diese Rinden- und Holzverletzungen bilden die Eingangspforten für verschiedene holzerstörende Mikroorganismen, die im Laufe der Zeit zu einer **Wundfäule** führen. Der technische Gebrauchswert des Holzes wird dadurch zunehmend gemindert; durch geringere Holzerlöse ist ein **wirtschaftlicher Schaden** zu verzeichnen.

Aus einer Analyse der außerordentlich komplexen Problemstellung wurden folgende **Untersuchungsziele** hergeleitet, zu deren Klärung ein Beitrag erbracht werden soll:

- Erarbeitung einer praktikablen Methode zur Erfassung der Rückeschäden im Bestand,
- Erkenntnisse zu Ausmaß, Verteilung und Art der Verletzungen,
- die Wahrscheinlichkeit von Wundfäulen, die an der Infektion beteiligten Mikroorganismen sowie der Fäulefortschritt mit der Zeit,
- die Größenordnung des wirtschaftlichen Schadens.

In einem **Literaturüberblick** wurden die wichtigsten Arbeiten und Untersuchungsergebnisse zu der vorliegenden Fragestellung behandelt.

In der **Methodik** der Untersuchung wurde versucht, den verschiedenen Einzelzielen des Problems gerecht zu werden.

Die **Versuchsdaten** stammen aus 54 Beständen mit einer Fläche von 9,3 ha, auf der insgesamt 10 220 Bäume der Holzart Fichte auf Rückeschäden untersucht wurden. Nach einem erarbeiteten **Aufnahmeverfahren** wurden die wesentlichen Daten des Bestandes, der Erschließung und des angewandten Bringungsverfahrens festgehalten. Die eigentliche Schadensbeschreibung gliedert sich in Baum- und Schadensdaten und charakterisiert die Art der Verletzung. Das auf Lochkarten übertragene Versuchsmaterial wurde mit Hilfe elektronischer Großrechenanlagen ausgewertet.

Daneben wurden 427 aufgenommene und mit Farbe markierte Rückeschäden 5 bis 7 Jahre nach der Schadensverursachung auf **Wundfäule** untersucht. Dazu wurden die Bäume gefällt und in 10 cm starke Stammscheiben zerlegt, so daß eine Vermessung und Beschreibung der Fäule möglich war.

Die Kalkulation des **wirtschaftlichen Schadens** erfolgte nicht an konkreten Stämmen des Versuchsmaterials, sondern an 12 nach Stärke und Abholzigkeit ausgewählten Modell-Rohschäften, auf welche die Ergebnisse der Fäuleuntersuchung übertragen wurden.

Aus der **Fülle von Einzelergebnissen** der Untersuchung werden **einige wesentliche** zusammenfassend angeführt:

- Die erarbeitete **Aufnahmemethodik** ist praxisnah und zeitsparend. Die Verwendung direkt ablohfähiger Belege erlaubt neben einer raschen Handauswertung auch eine umfassende Auswertung über EDV (Vordrucke in Abbildung 2 und 3 sowie Anhang 3).
- Das **Schadensausmaß** ist stark vom Bringungsverfahren und vor allem von der ausgehaltenen Holzlänge abhängig. Industrieholz in fallender Länge verursacht das vier- bis fünffache an Schäden gegenüber Schichtholz und Kranlängen.
Ganzbäume führen nur zu wenig mehr, jedoch deutlich größeren Schäden als fallende Längen bei Schlepperbringung. Auf die Zahl der Schäden wirkt sich die Jahreszeit nur geringfügig aus, dagegen sind die Schäden im Saft um etwa 50 % größer als außer Saft.
- **Eine Bestandeserschließung** durch Rückegassen im Abstand von 40 m führt bei langem Industrieholz zu einem Minimum an Rückeschäden. Die Gefährdung des Einzelbaumes nimmt mit der Rückegassennähe deutlich zu; Randbäume haben das dreifache Schadensprozent.
- Auch das **waldbauliche Vorgehen** beeinflusst das Schadensausmaß, indem stärkere Durchforstungen zu einem höheren Schadensprozent am verbleibenden Bestand führen. Zukunfts-Bäume unterliegen einer stärkeren Gefährdung als der Füllbestand, soweit keine besonderen Schutzmaßnahmen getroffen werden. Deutliche Kennzeichnung der Zukunfts-Bäume und Schulung des Rückepersonals können eine Tendenzumkehr bewirken.
- Als größte **Überraschung** der Untersuchung muß zweifellos bezeichnet werden, **daß nur der kleinere Teil aller Rückeschäden zu Wundfäulen führt: 35 % aller mehr als 10 qcm großen Rückeschäden oder 40 % der beschädigten Bäume** waren ca. sechs Jahre nach Schadensverursachung **von Wundfäulen befallen**. Der größere Teil der Rückeschäden hat zwar geringe Holzfehler durch Farbreaktionen oder eingewachsene Rindenteile verursacht, blieb jedoch von gravierenden Holzwertminderungen durch Fäule verschont. Das hergeleitete Fäuleprozent unterliegt starken Schwankungen von Bestand zu Bestand und ist vor allem von der

Wundgröße abhängig. Tief ins Holz greifende und bodennahe Verletzungen erhöhen deutlich das Fäulerisiko.

- Unter großen Schwankungen von Baum zu Baum errechnet sich für die Versuchsbestände ein axialer **Fäulefortschritt** von im Mittel 1 m, maximal 3,35 m in sechs Jahren. Im breiten Spektrum der an der Wundfäule **beteiligten Mikroorganismen** konnte der Basidiomycet *Stereum sanguinolentum* deutlich am häufigsten nachgewiesen werden.
- Der kalkulierte **wirtschaftliche Schaden** ist vor allem ein Ergebnis geringerer Holzerlöse mit zunehmendem Faulholzanteil und dadurch bedingtem Klassensprung in der Sortierung des Hauptsortiments. Bezogen auf den mittleren Rohschaffwert je Festmeter beläuft sich der Wertverlust bei 1 m Faullänge auf 5,0 %, bei 3 m Faullänge auf 13,3 %.

In der **Diskussion der Ergebnisse** wurde vor allem versucht, die Schadenskumulierung über mehrere Durchforstungsdurchgänge und den damit verbundenen wirtschaftlichen Schaden darzustellen. Darüber hinaus werden in der Ergebnisdiskussion nochmals diejenigen Punkte aufgezeigt, in denen die vorliegenden Arbeitsergebnisse von den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren wesentlich abweichen.

In einem letzten Abschnitt wurden **Hinweise für die forstliche Praxis** gesammelt, wie der Umfang der Rückeschäden vermindert und wie möglicherweise die Kausalkette von der Verletzung zum wirtschaftlichen Schaden unterbrochen werden kann.

Die vorliegende Arbeit schließt mit einem **Ausblick** auf die wahrscheinliche Entwicklung der Holzernte- und Bringungsverfahren in den nächsten Jahren, wobei insbesondere der Rückeschadensaspekt beleuchtet wird.

Mit einigen grundlegenden Untersuchungen zur Problematik von Rückeschäden am Beispiel der Fichte sollte die Bedeutung der Fragestellung aufgezeigt und gleichzeitig ein Beitrag zur Klärung einiger der komplexen Zusammenhänge erbracht werden. Wie die Problemanalyse deutlich zu machen versuchte, bleiben noch zahlreiche offene Fragen, die der weiteren Untersuchung bedürfen.

Abbildung 20:

Großer Rückeschaden 6 Jahre nach der Verursachung unmittelbar vor der Fäuleauswertung
(aus der Schadensbeschreibung: max. Länge 55 cm, max. Breite 12 cm, Wundgröße 528 qcm)

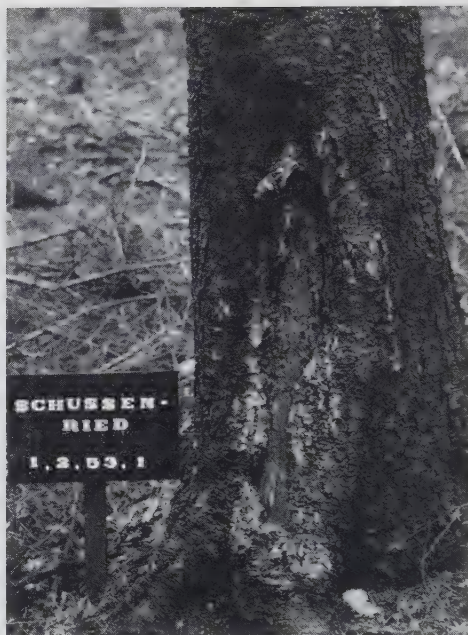


Abbildung 21:

Derselbe Rückeschaden wie in Abbildung 20 bei der Fäuleauswertung im Längsschnitt
(aus der Fäulebeschreibung: axiale Ausdehnung ab Schadenszentrum 150 cm nach oben, 45 cm nach unten)





Abbildung 22: Rückeschaden im Querschnitt, der 7 Jahre nach der Verursachung nicht zur Fäule geführt hat; die Hälfte der Wundbreite ist bereits überwallt.

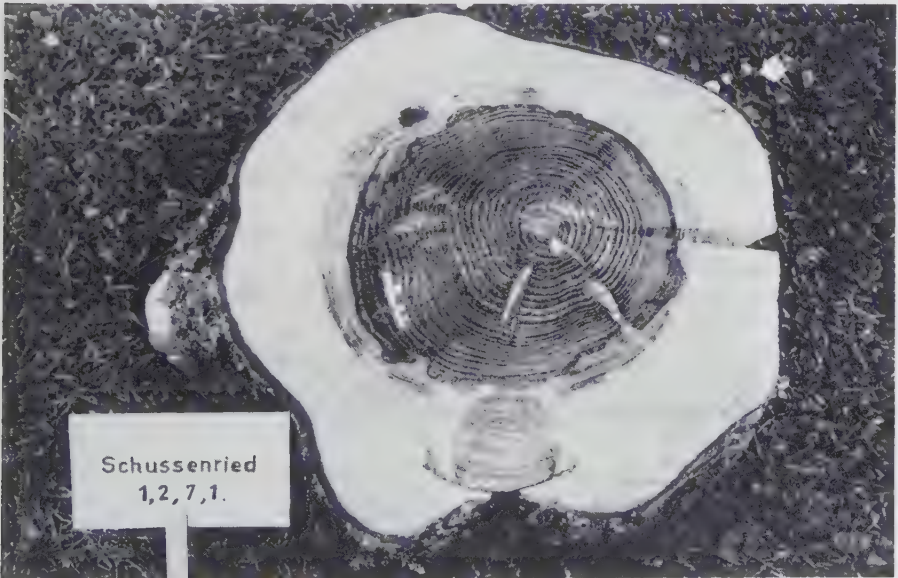


Abbildung 23: Kern- und Wundfäulen sind zunächst durch ihre zentrale bzw. periphere Lage gut zu unterscheiden; dies gilt nicht mehr für ein fortgeschrittenes Fäulestadium.

9. Verzeichnis der Tabellen

Nr.	Bezeichnung	Seite
1	Herkunft der Versuchsbestände nach Forstamt, Wuchsgebiet und geologischem Ausgangsmaterial. Die Kurzbezeichnung des Versuchskollektivs erleichtert den Eingang in die ausführlichere Zusammenstellung in Anhang 1	31
2	Gesamter Versuchsumfang und schrittweise Einengung auf die ausgewerteten Versuchsdaten im Sinne der Zielsetzung	43
3	Schadensprozent in Abhängigkeit von den angewandten Arbeitsverfahren und von der Jahreszeit der Bringung	47
4	Ergebnis der Signifikanz-Tests zum Schadensprozent verschiedener Bringungsverfahren und wechselnder Jahreszeiten	49
5	Verteilung der Rückeschäden auf Schadengrößen-Klassen	58
6	Mittlere Schadensgröße in Abhängigkeit von den angewandten Arbeitsverfahren und von der Jahreszeit der Bringung (vgl. entsprechende Darstellung für das Schadensprozent in Tabelle 3)	60
7	Ergebnis der Signifikanz-Tests zur mittleren Schadensgröße verschiedener Bringungsverfahren und wechselnder Jahreszeiten (vgl. entsprechende Darstellung für das Schadensprozent in Tabelle 4)	61
8	Veränderung der mittleren Schadensgröße mit Variation der Art des Schadens und seiner Lage am Baum (dargestellt an sämtlichen Schadensdaten)	65
9	Anteil der einzelnen Entfernungsstufen an der Gesamtzahl der beschädigten Bäume eines Bestandes für unterschiedliche Rückegassenabstände	67
10	Prozentuale Gliederung aller aufgenommenen Schäden nach der Lage am Baum (insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren)	71
11	Prozentuale Gliederung nach der Art der Schäden (insgesamt und für die wichtigsten Arbeitsverfahren)	73
12	Verteilung der Schäden nach dem Grad der Verharzung in und außerhalb der Saftzeit	74
13	Geologisches Ausgangsmaterial und Standortverhältnisse der drei auf Wundfäulen ausgewerteten Versuchsbestände	75
14	Versuchsflächen- und Bestandesbeschreibung der auf Wundfäulen ausgewerteten Bestände	76
15	Beobachtungszeitraum und Umfang der Wundfäule-Auswertungen in den ausgewählten Versuchsbeständen	76
16	Fäuleprozent nach Versuchsflächen mit der Bezugsbasis Schadbäume und Einzelschäden	78
17	Fäuleprozente der Versuchsflächen nach Expositionen Nord und Süd gegliedert	88
18	Fäuleprozente nach Wundgrößen und dem Grad der Verharzung (nur Versuchsfläche Königsbronn)	89
19	Mittel- und Extremwerte des Fäulefortschritts in den Versuchsflächen	90
20	Häufigkeitsverteilung für den mittleren Fäulefortschritt je Jahr in den drei Versuchsflächen	91

Nr.	Bezeichnung	Seite
21	Umfang des Gesundheitschneidens bei Beurteilung nach 0,5-m-Abschnitten	92
22	Ergebnis der Kovarianzanalyse zwischen Fäulefortschritt als abhängiger Variablen und verschiedenen Baum- und Schadensmerkmalen als unabhängige Variable	93
23	Ergebnis der Abimpfungen aus den drei Versuchsflächen ca. 6 Jahre nach Schadensverursachung	99
24	Fäulefortschritt (absolut und durchschnittlich je Jahr) der isolierten holzerstörenden Basidiomyceten	100
25	Baum- und Sortendaten der für die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens gewählten Modell-Rohschäfte	101
26	Berechnung des Holzwerts und der Wertminderungen mit zunehmender Faullänge für die ausgewählten Modell-Rohschäfte auf dem Holzpreisniveau August 1977	103/104
27	Analyse des abnehmenden Rohschafswertes mit wachsender Faullänge durch Zerlegung in die Ursachen Klassenabfall des Hauptsortiments und zunehmender Anteil der Güteklassen C/D	108
28	Fäuleprozente (bezogen auf Einzelschäden und beschädigte Bäume) nach Schadensgrößen und Versuchsflächen unter Berücksichtigung des engeren Schadensbegriffs (Schäden ab 10 qcm Größe und freiliegendem Holzkörper) der Abschnitte 4.2.2 und 5.2	109
29	Kalkulation des Rückeschadens- und Fäuleumfangs nach insgesamt drei Durchforstungen in der kritischen Altersphase 30–60 Jahre	110
30	Kalkulationsbeispiel für den Wertverlust je ha durch Wundfäule und die Belastung je Festmeter der Durchforstungsmasse im Alter 30–60 (dargestellt für fallende Längen, außer Saft, dickkörtig mit Schlepper gerückt)	112

10. Verzeichnis der Abbildungen

Nr.	Bezeichnung	Seite
1	Beziehungsgefüge von Ursache »Rücken« über die primäre Wirkung »Rückeschaden« zur sekundären Wirkung »wirtschaftlicher Schaden« unter Berücksichtigung von modifizierenden Einflüssen in zwei Ebenen (nach A. Roeder 1970, jedoch verändert)	16
2	Aufnahmebogen Rückeschäden (Vordruck 1)	34
3	Angaben zu Bestand und Bringung (Vordruck 2)	36
4	Beziehung zwischen den Kenngrößen »Schadensprozent« und »Schadnbäume je Eingriff«	45
5	Bestandesweise Schadensprozente in Abhängigkeit vom Bringungsmonat, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickkörtig mit Schlepper gerückt	52

Nr.	Bezeichnung	Seite
6	Schadensprozent in Abhängigkeit von der Erschließungsdichte, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickörtig mit Schlepper gerückt	54
7	Schadensprozent in Abhängigkeit vom »Entnahmeprozent« als Maß für die Eingriffsstärke, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickörtig mit Schlepper gerückt	56
8	Häufigkeitsverteilung der Schäden über der Schadensgröße	59
9	Bestandesweise mittlere Wundgröße in Abhängigkeit vom Bringungsmonat, am Beispiel der Ganzbäume und fallenden Längen, dickörtig mit Schlepper gerückt	63
10	Die Schadensgröße in Abhängigkeit von der Entfernung des beschädigten Baumes zur Rückegasse	64
11	Schadensprozent in Abhängigkeit von der Entfernung zur Rückegasse	69
12	Fäuleprozent in Abhängigkeit von der Schadensgröße	81
13	Fäuleprozent für fünf Wundgrößen-Klassen im Vergleich der drei Versuchsflächen	83
14	Fäuleprozent in Abhängigkeit von Schadensgröße und Art der Verletzung	84
15	Variation des Fäuleprozents mit der Lage des Schadens am Baum (ohne Berücksichtigung der Schadensgrößen)	86
16	Fäuleprozent in Abhängigkeit von der Schadensgröße und Lage des Schadens am Baum	87
17	Das Schadensbild im Längsschnitt: Versuchsfläche Königsbronn, Probefläche 2, Baum Nr.3, Schaden Nr.2	95
18	Beziehung zwischen Faulhöhe über dem Fällschnitt und Fäuledurchmesser im Fällschnitt	98
19	Holzwert je Efm ohne Rinde in Abhängigkeit von der Länge des faulen Erdstammstückes	
	a) für die Rohschäfte des Höhentarifs M nach Krenn	106
	b) für die Rohschäfte der Höhentarife O und U nach Krenn	107
20	Großer Rückeschaden sechs Jahre nach der Verursachung unmittelbar vor der Fäuleauswertung	130
21	Derselbe Rückeschaden wie in Abbildung 20 bei der Fäuleauswertung im Längsschnitt	130
22	Großer Rückeschaden, der sieben Jahre nach der Verursachung nicht zu Fäule geführt hat; die Hälfte der Wundbreite ist bereits überwallt	131
23	Kern- und Wundfäulen sind zunächst durch ihre zentrale beziehungsweise periphere Lage im Baumquerschnitt gut zu unterscheiden; dies gilt nicht mehr für ein fortgeschrittenes Fäulestadium	131

11. Literaturverzeichnis

- Abetz, P.** (1972): Systematische Erfassung der Holztransportschäden
Allgemeine Forstzeitschrift 1972, S. 200–202
- Abetz, P.** (1975): Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen
Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 666–667
- Adomat, R.** (1965): Betriebswirtschaftliche Untersuchungen über die Holzarten Fichte, Forche, Buche, Eiche im baden-württembergischen Staatswald
Der Forst- und Holzwirt 1965, S. 353
- Ägren, A.** (1969): Produktionsverluste in Durchforstungsbeständen als Folge der modernen Rücketechnik
Allgemeine Forstzeitschrift 1969, S. 758
- Altherr, E.** (1963): Untersuchungen über Schaftform, Berindung und Sortimentsanfall bei der Weißtanne
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1963, S. 111–122 und 140–151
- Baader, G.** (1956): Die Bewertung von Schälsschäden bei Fichte
Der Forst- und Holzwirt 1956, S. 31–32
- Backhaus, G.** (1971): Analyse der Baumverletzungen beim Rücken von Buchen-Industrieholz in langer Form
Allgemeine Forstzeitschrift 1971, S. 415–420
- Backhaus, G.** (1972): Rationelle Schwachholzbringung und Bestandespfleglichkeit – ein Gegensatz?
Forsttechnische Informationen 1972, Nr. 3
- Bazzigher, G.** (1973): Wundfäule in Fichtenwaldungen mit alten Schälsschäden
European Journal of Forest Pathology 1973, Band 3, S. 71–82
- Becker, G., Leinert, S.** (1974): Im Spannungsverhältnis zwischen Mechanisierung und Umwelt
Allgemeine Forstzeitschrift 1974, S. 506–508
- Beisel, R.** (1973): Auswirkungen von Beschädigungen der unteren Stammabschnitte auf den Wert und die Produktionsdauer von Fichtenbetriebsklassen und von Fichtenbeständen
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 48
- Berg, H.** (1976): Skotare i gallring – en analys av några resultatpåverkaner faktorer.
Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse No 4
- Berggrund, O.** (1975): Mechanisierungslage und Entwicklungstendenzen in der schwedischen Forstwirtschaft
Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 614–619
- Beutel, P., Küffner, H.** (1976): Statistical package for the social sciences (SPSS) – Eine Kurzbeschreibung zur Programmversion 6
G. Fischer-Verlag, Stuttgart / New York 1976
- Röck, E., Schubö, W.**
- Bolsinger, E.** (1956): Ausbauchungsreihen, Rindenstärke und Sortierungstafeln der grünen Douglasie.
Mitteilungen der Württembergischen Forstl. Versuchsanstalt. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1956
- Bosshard, W.** (1977): Möglichkeiten und Grenzen einer ganzjährigen Holzernte
u. a. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf / Schweiz, Bericht Nr. 172
- Boström, C.** (1977): Delmekaniserad gallring med kvistarekapare
Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse 1977 No 1

- Braathe, P.** (1976): Silvicultural practices in modern plantation forestry
XVI IUFRO World Congress, Norway 1976
- Braun, H. J.** (1958): Untersuchungen über den Wurzelschwamm *Fomes annosus* (Fr.) Cooke
Forstwissenschaftliches Centralblatt 1958, S. 64
- Braun, H. J.** (1960): Zur Frage der Infektion von Wunden durch *Fomes annosus*
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1960, S. 67
- Braun, H. J., Lulev, J.** (1969/1970): Infektion unverletzter fingerstarker Fichtenwurzeln durch den Wurzelschwamm *Fomes annosus* (Fr.) Cooke
Forstwissenschaftliches Centralblatt
1969 S. 327–338
1970 S. 269–275
- Bredberg, C. J.** (1974): Some Mechanized Thinning Systems.
Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 69
- Bredberg, C. J.** (1976): Root and Soil Damages by Rubber and Steel Tracks
Hakansson, S. G., Moberg, L. Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 101
- Carlestal, B.** (1977): Thinning Methods for Private Forest Owners
Dehlen, R. Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 105
- Courtois, H.** (1968): Über einige stochastische Beziehungen beim Holzabbau durch *Fomes annosus* (Fr.) Cooke
Material und Organismen 1968, S. 271–287
- Courtois, H.** (1970): Einfluß von Rohdichte, Holzfeuchtigkeit und Jahringbreite auf den Abbau des Nadelholzes durch *Fomes annosus* (Fr.) Cooke
Holz als Roh- und Werkstoff 1970, S. 67–75
- Courtois, H.** (1973): Zur Variabilität der parasitären Leistungsfähigkeit des *Fomes annosus*, des wichtigsten Rotfäuleerregers der Fichte.
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1973, S. 32
- Dietz, P.** (1974): Die Holzernte als betriebswirtschaftliches, technisches und organisatorisches Problem
Forstarchiv 1974, S. 97
- Dimitri, L.** (1974): Erhöhung der Stabilität der Bestände und der Resistenz der Waldbäume als biologische Abwehrmaßnahme von Schäden aller Art
Allgemeine Forstzeitschrift 1974, S. 40–41
- Dimitri, L., Schumann, G.** (1975): Die Wundfäule – ein aktuelles Problem der Forstproduktion
Holz-Zentralblatt 1975, S. 803
- Döbele, E.** (1977): Zum gegenwärtigen Stand der Bekämpfung von Rotfäule
Allgemeine Forstzeitschrift 1977, S. 170–173
- Duffner, W.** (1974): Holzmeßkundliche und informationstechnische Kriterien für optimale Sortenaushaltung an Holzhöfen
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 64
- Eidmann, F. E.** (1952): Wertminderung von Fichtenbeständen durch den Schälschaden des Rotwildes.
Forstarchiv 1952, S. 65–69
- Falck, R.** (1930): Neue Mitteilungen über die Rotfäule.
Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 1930, S. 525–566
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg** (1975): Entscheidungshilfen für die Durchforstung von Fichtenbeständen (Durchforstungshilfe Fi 75)
Merkblätter der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Nr. 13

- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (1977):**
Forsteinrichtung
- Fries, J. (1974):**
Thinning – Why and How?
Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 69
- Fries, J. (1975):**
Ökologische Aspekte der mechanisierten Durchforstung
Der Forst- und Holzwirt 1975, S. 315–320
- Fries, J. (1976):**
Transport Damage and Yield Losses.
Royal College of Forestry, Stockholm, Department of Forest Yield Research
Research Notes No 40
- Froehlich, H. A. (1974):**
The Influence of Different Thinning Systems on Damage to Soil and Trees.
Forestry Commission Bulletin No 55, London 1974
- Gehrhardt, K. (1905):**
Über Schälschäden in Fichtenbeständen und seine Bewertung
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1905, S. 371–381
- Grammel, R. (1967):**
Industrieholz in langer Form
Forstarchiv 1967, S. 115
- Grammel, R. (1969):**
Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der Holzerntemethoden in der Bundesrepublik
Holz-Zentralblatt 1969, Nr. 128, S. 1945
- Grammel, R. (1971):**
Kann uns Mitteleuropäern das Beispiel Canadas bei der Mechanisierung der Holzernte weiterhelfen?
Allgemeine Forstzeitschrift 1971, S. 1026–1028
- Grammel, R. (1972):**
Die Holzernte im Südwesten der Bundesrepublik Deutschland – eine Entwicklung zu individuellen Lösungen.
Allgemeine Forstzeitschrift 1972, S. 895–898
- Grammel, R. (1973):**
Umweltfreundliche Holzerntetechnik.
Allgemeine Forstzeitschrift 1973, S. 227–230
- Günther, M. (1969):**
Holzverwertung über zentrale Ausformungsplätze
Holz-Zentralblatt 1969, Nr. 54
- Habsburg-Lothringen, U. (1970):**
Knickschlepper und Forststraßenbau
Allgemeine Forstzeitschrift 1970, S. 539–543
- Häberle, S. (1974):**
Die Durchforstungstechnik als Mittel und Problem einer pfleglichen Waldbewirtschaftung – am Beispiel der Fichte.
Forstarchiv 1974, S. 214
- Härle, E. (1977):**
Rückeschäden – Folge der Mechanisierung
Forsttechnische Informationen 1977, Nr. 3
- Herrenknecht, H.**
- Hannelius, S. (1970):**
Damaging of Stand in Mechanized Thinning
University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products, Research Notes No 4
- Lillandt, M.**
- Haufe (1938):**
Die verletzte Fichte im Bestand.
Tharander Forstl. Jahrbuch 1938, S. 100–134
- Heden, S. (1969):**
Preliminary Report on an Investigation Concerning the Influence on Yield of Tractor Logging in Thinnings
IUFRO Meeting on »Thinning and Mechanization« Stockholm 1969, Proceedings S. 131–135
- Heisterkamp, M. (1976):**
Statistische Methoden und Auswertungen mit SPSS 6
Rechenzentrum der Universität Freiburg, Bericht Nr. 2

- Hildebrandt, G.** (1959): Beobachtungen über die Verteilung des Schälschadens in Fichtenbeständen
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1959, S. 213–218
- Hilscher, A.** (1964): Ertragsminderung durch Rotfäule an Fichtenbeständen
Forstarchiv 1964, S. 5–14
- Höfle, H. H.** (1971): Zur Zahl, Art und Ursache von Rückeschäden in Durchforstungen schwacher Nadelholzbestände
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 38
- Höfle, H. H.** (1972): Die Aufarbeitung des Nadelschwachholzes heute und in Zukunft
Der Forst- und Holzwirt 1972, S. 141–154
- Höfle, H. H.** (1971): Intensiver Waldbau und moderne Holzernte
Köpf, E. U. Wald und Holz 1971, Nr. 12
- Höfle, H. H., Pfeil, C.** (1972): Das Rücken von Bäumen mit Ästen in schwächeren Nadelholzdurchforstungen.
- Hohenlohe-Waldenburg, F. K.** (1967): Höhere Wededichte und moderne Rückeschlepper
Allgemeine Forstzeitschrift 1967, S. 876
- Hyppel, A.** (1968): Studier över rötangrepp i särskadad hos gran
Nilsson, P. O. Svenska Skogsvårdsförbundets Tidskrift 66, Stockholm
- Isomäki, A.** (1974): Consequences of Injury Caused by Timber Harvesting Machines on the Growth and Decay of Spruce
Kallio, T. Acta Forestalia Fennica, 1974 Vol. 136
- Jäger, D., Speth, J.** (1977): Salemer Astfix. Ein neues Gerät für die rationelle, kostensparende Aufarbeitung von Stangen zur Waldpflege.
Allgemeine Forstzeitschrift 1977, S. 340–342
- Kärkkäinen, M.** (1969): A Study on Tree Injuries Caused by Mechanized Timber Transportation.
IUFRO Meeting on »Thinning and Mechanization«, Stockholm, Sept. 1969, Proceedings S. 136
- Kärkkäinen, M.** (1970): The Effect of Different Tractor Types on the Damaging of Trees in Thinnings.
University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products.
Research Notes No 3
- Kärkkäinen, M.** (1970): The Effect of Different Tractor Types on the Damaging of Trees in Thinnings.
University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products.
Research Notes No 3
- Kärkkäinen, M.** (1973): On the Properties of Tree Wounds Due to Timber Transportation in Thinnings.
University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products.
Research Notes No 22
- Kantola, M.** (1974): The Mechanization 22
- Kantola, M.** (1974): The Mechanization of Thinnings in Finland
Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 69
- Kato, F.** (1969): Stammfäuleschäden der Fichte – Ein Beitrag zur Schadensberechnung in den staatlichen Fichtenwäldern Niedersachsens mit besonderer Berücksichtigung der Schälschäden des Rotwildes.
Forstarchiv 1969, S. 81–92

- Keller, B.** (1973): Einflüsse des Einschlagszeitpunktes, der Lagerart und Lagerdauer auf den Wert von Fichten-Schleifholz
Dissertation, Freiburg i.Br. 1973
Anstalt Baden-Württemberg, Heft 38
- Knell, G.** (1968): Untersuchungen über Holzfeuchte und Holzfarbe von Fichten-Schleifholz.
Dissertation, Freiburg i.Br. 1968
- Knigge, W.** (1975): Die Auswirkungen von Schälschäden auf die Rohholzeigenschaften von Fichte und Buche
Forstarchiv 1975, S.32
- König, E.** (1975): Fehler des Holzes
Holz-Zentralblatt-Verlag, Stuttgart 1957
- König, W.** (1968): Stärkere Schlepper – weniger Wege?
Forsttechnische Informationen 1968, Nr.8
- Kräuter, G.** (1964): Untersuchungen zur Durchmesser- und Durchmesserzuwachsentwicklung an rotwildgeschälten Fichten
Archiv für Forstwesen 1964, S.363–381
- Kramer, H.** (1974): Der Einfluß verschiedener Durchforstungsarten auf Wachstum und Bestandesschäden
Forestry Commission Bulletin 55, London 1974
- Kramer, H.** (1974): Gassendurchforstung
Keuffel, W. Allgemeine Forstzeitschrift 1974, S.137–140
- Kremser, W.** (1968): Bestandespflege und Schwachholzverwertung
Der Forst- und Holzwirt 1968, S.153–157
- Krenn, K.** (1948): Tarife zur Massenermittlung von Beständen
Freiburg i.Br. 1948
- Kurth, A.** (1964): Wildschadenermittlung im Kanton Schwyz
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1964, S.1–12
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg** (1966): Hilfstabellen für die Forsteinrichtung Teil I und II
Stuttgart 1966
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg** (1971): Die Handelsklassensortierung für Rohholz mit ergänzenden Erläuterungen (Forst-HKS) Stuttgart 1971
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg** (1973): Forsteinrichtungsstatistik 1961–1970 Baden-Württemberg
Stuttgart 1973
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg** (1975): Forststatistisches Jahrbuch 1974
Stuttgart 1975
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg** (1977): Richtlinien zur Feinerschließung der Bestände
Stuttgart 1977
- Leibundgut, H.** (1976): Developments in Silvicultural Systems and their Demands on Operation Methods
XVI IUFRO World Congress, Norway 1976
- Leinert, S.** (1977): ELMIA LOGGING 1977
Forsttechnische Informationen 1977, Nr.9
- Löffler, H.** (1974): Belastung von Waldökosystemen durch die Mechanisierung in der Forstwirtschaft
Forstwissenschaftliches Centralblatt 1974, S.19
- Löffler, H.** (1975): Zur Ausbreitung der Wundfäule in Fichte
Forstwissenschaftliches Centralblatt 1975, S.175–183
- Mahler, G.** (1971): Bezugsmaße für Entlohnung und Verkauf. Probleme bei der Aufarbeitung von Rohschäften
Allgemeine Forstzeitschrift 1971, S.458–459

- Mahler, G., Schelshorn, H.** (1973): Befahrbarkeit und Bodentragfähigkeit beim Rücken. Eine Untersuchung beim Rücken auf Keuperböden
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 57
- Malmberg, O.** (1974): Holzaufarbeitung mit mobilen Einrichtungen
Vortrag auf 2. INTERFORST, München 1974
- Mantel, W.** (1968): Waldbewertung – Einführung und Anleitung –
5. Auflage, Bayerischer Landwirtschaftsverlag München–Basel–Wien, S. 232–235
- Martin, B.** (1976): Verfahren zur Diagnose von Stammfäulen an Fichte (unter besonderer Berücksichtigung des Verfahrens nach SHIGO).
Diplomarbeit an der Universität Göttingen (unveröffentlicht)
- Mayer, H.** (1968): Langfristige waldbauliche Betriebsrationalisierung
Allgemeine Forstzeitschrift 1968, S. 687–689
- Mayer, H.** (1975): Schäden durch überhöhte Wildbestände – ein volkswirtschaftliches Problem.
Allgemeine Forstzeitung, Wien, 1975, S. 40
- Meng, W., Stoll, H. P.** (1976): Versucheinsätze mit dem ÖSA-Processor.
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 79
- Micklitz, T.** (1915): Zuwachsverlust infolge Schälschadens.
Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1915, S. 188–192
- Möhring, K.** (1968): Teufel und Beelzebub
Der Forst- und Holzwirt 1968, S. 101–104
- Myhrmann, D.** (1974): Techniques for Mechanized Thinning.
Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 69
- Nie, N. H., Hull, C. H.** (1976): SPSS – Statistical Package for the Social Sciences
Jenkins, J. G., Steinbrenner, K., Bent, D. H. McGraw-Hill, Book Company, New York 1976
- Nilsson, P. O.** (1967): Rötangrepp efter skador på rotsystemet i granbestånd
Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse No 1, S. 394
- Nilsson, P. O.** (1974): Thinning in Future Forestry.
Royal College of Forestry, Garpenberg / Schweden, Research Notes No 69
- Nilsson, P. O.** (1969): Studies on Decay in Scars of Norway Spruce
Hyppe, A. IUFRO Meeting on »Thinning and Mechanisation«, Stockholm 1969, Proceedings S. 140
- Oppold, A., Schäfer, K.** (1972): Ergebnisse einer Leistungsuntersuchung beim Holzlücken mit funkgesteuerter Schlepperseilwinde
Allgemeine Forstzeitschrift 1972, S. 961–962
- Pabst v. Ohain, G.** (1974): Rindenverletzungen beim Rücken von Bäumen mit Ästen in schwachen Fichtenbeständen
Allgemeine Forstzeitschrift 1974, S. 141–143
- Päivätie, L.** (1974): Winding by Radiotir in Thinnings.
University of Helsinki, Research Notes No 29
- Pawsey, R. G.** (1974): Studies of Extraction Damage Decay in Crops of Picea Abies in Southern England.
Stankovicova, L. I. Examination of Crops Damaged during Normal Forest Operations.
European Journal of Forest Pathology 1974, Band 4, S. 129
- v. Pechmann, H.** (1974): Der Einfluß der Durchforstung auf die Holzqualität
Forstarchiv 1974, S. 34–38

- v. Pechmann, H.** (1971):
v. Aufseß, H.
 Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen
 Forstwissenschaftliches Centralblatt 1971, S. 259–284
- v. Pechmann, H.** (1973):
v. Aufseß, H., Rehfuß, K. E.
 Ursachen und Ausmaß von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten
 Forstwissenschaftliches Centralblatt 1973, S. 68–89
- Pestal, E.** (1969):
 Knickschlepper und ihr Vorstoß ins Gebirge
 Allgemeine Forstzeitschrift 1969, S. 833–838
- Pestal, E.** (1975):
 Vermeidung von Bodenschäden beim Einsatz von Rückeschleppern im Gebirge
 Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 101–103
- Pfeil, C.** (1971):
 Auch ein Ersatz für das Pferd – das Vorrücken schwacher Langhölzer mit der funkgesteuerten, tragbaren schwedischen Seilwinde Radiotir 740.
 Allgemeine Forstzeitschrift 1971, S. 56–57
- Prodan, M.** (1965):
 Holzmeßlehre
 J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M. 1965
- Reuß, H.** (1888):
 Die Schälbeschädigung durch das Hochwild, speziell in Fichtenbeständen. (Ihre Ursache, ihre wirtschaftlich-finanzielle Bedeutung und die Mittel zu ihrer Abwendung)
 Julius Springer, Berlin 1888
- Richter, E.** (1971):
 Rückeversuche mit schwachem Nadellangholz für den Holzhof Oberschwaben.
 Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 37
- Richter, J.** (1963):
 Zur Frage der Weiterbehandlung durch Schälsschaden rotfaul gewordener Fichtenbestände
 Der Forst- und Holzwirt 1963, S. 96–101
- Richter, J.** (1974):
 Die Ausbreitung der Rotfäule in der Fichte
 Allgemeine Forstzeitschrift 1974, S. 73–74
- Richter, J.** (1976):
 Die Ermittlung von Schälsschäden.
 der Forst- und Holzwirt 1976, S. 153–157
- Roeder, A.** (1970):
 Schälsschäden des Rotwildes an der Fichte – Eine holzbiologische Untersuchung –
 Dissertation, Universität Göttingen 1970
- Roeder, A., Knigge, W.** (1972):
 Sind Rotwildschäden wirklich so schwerwiegend?
 Forstarchiv 1972, S. 109
- Rohmeder, E.** (1937):
 Die Stammfäule (Wurzelfäule und Wundfäule) der Fichtenbestockung
 Mitteilungen aus der Landesforstverwaltung Bayerns Nr. 23, München
- Schimitschek, E.** (1939):
 Untersuchungen über Rotwildschälsschäden und deren Folgen
 Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1939, S. 33–50 und 65–82
- Schimitschek, E.** (1975):
 Betrachtungen über einige Schäden am Wald
 Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1975, S. 150
- Schlenker, G.** (1973/1975):
Müller, S.
 Erläuterungen zur Karte der Regionalen Gliederung von Baden-Württemberg.
 I. Teil (Wuchsgebiete Neckarland und Schwäbische Alb)
 II. Teil (Wuchsgebiet Südwestdeutsches Alpenvorland)
 Mitteilung des Vereins für Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung Nr. 23 (I. Teil), Nr. 24 (II. Teil)
- Schmidt, W.** (1961):
 Anlage und statistische Auswertung von Untersuchungen
 Verlag M. u. H. Schaper, Hannover 1961
- Schmidt-Vogt, H.** (1967):
 Brotbaum Fichte
 Allgemeine Forstzeitschrift 1967, S. 303

- Schönhar, S. (1969):** Untersuchungen über das Vorkommen von Rotfäulepilzen in Fichtenbeständen der Schwäbischen Alb
Mitteilung des Vereins für Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung Nr. 19
- Schönhar, S. (1974, a):** Sammelbericht *Fomes annosus* Cooke in Nadelholzbeständen und Möglichkeiten zu seiner Bekämpfung
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Stuttgart-Hohenheim, 1974, S. 52–64
- Schönhar, S. (1974, b):** Untersuchungen über das Vorkommen von *Fomes annosus* und andere Rotfäulepilze in noch undurchforsteten Fichten-Erstaufforstungen
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1974, S. 145–147
- Schönhar, S. (1975):** Untersuchungen über den Befall rückengeschädigter Fichten durch Wundfäulepilze
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1975, S. 72–75
- Schönhar, S. (1976):** Versuche zur Bekämpfung der durch *Fomes annosus* verursachten Rotfäule in Fichten-Erstaufforstungen durch eine chemische Stockbehandlung
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1976, S. 109–111
- Schönhar, S. (1977):** *Armillariella mellea* als Wurzel- und Stammfäuleerreger in Waldbeständen.
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Stuttgart-Hohenheim, 1977, S. 304
- Schönwiese, H. (1932):** Aus der Praxis der Bewertung von Schälschäden in Waldbeständen
Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1932, S. 217–224
- Schöpfer, W. (1962):** Die Auswirkungen von Zuwachsbohrungen in Fichtenbeständen
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1962, S. 43–49
- Schöpfer, W. (1974):** Aufnahmeverfahren und Sortierprogramme zur optimalen Rohschafftbeurteilung.
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 63, S. 9–39
- Schöpfer, W. (1976):** Vom Formquotienten zum Sägebrett. Holzmeß- und ertragskundliche Beiträge zur optimalen Rundholzverwertung. Teil I: Methodik, meßtechnische Probleme, Schnittholztafeln
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1976, S. 81–85 und 106–109
- Schöpfer, W. (1977):** Computergestützte Rohschafftsortierung.
Holz-Zentralblatt 1977, Nr. 21, S. 319
- Scholander, J. (1973):** The Bearing Capacity of Some Forest Soils for Wheeled Vehicles
Royal College of Forestry, Stockholm, Research Notes No 64
- Schulz, H. (1977):** Unsere Enkel und ihr Wertholz
Holz-Zentralblatt 1977, Nr. 50, S. 741
- Shigo, A. L. (1974):** Detection of Discoloration and Decay in Living Trees and Utility Poles.
USDA FOREST SERVICE, Research Notes No 294
- Shigo, A.**
- Skutt, H. R. (1972):** Detection of Discolored and Decayed Wood in Living Trees Using a Pulsed Electric Current
Canadian Journal of Forest Research 1972, No 1
- Shigo, A. L., Lessard, R. A.**
- Speidel, G. (1967):** Die betriebswirtschaftliche Bedeutung der Fichte
Allgemeine Forstzeitschrift 1967, S. 304–307
- Splechna, K. (1970):** Erfahrungen mit Knickschleppern im Gebirge
Allgemeine Forstzeitung Wien 1970, Nr. 2, S. 44
- Standortskartierung** der Staatlichen Forstämter Bad Schussenried und Königsbronn sowie des Gräflichen Forstamts Königseggwald

- Stang, H.** (1962): Die Feinerschließung der Bestände und ihre Bedeutung für die waldbauliche Einzelplanung
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 2
- Steiermärkischer Forstverein** (1956): Hilfsstafeln zur Bewertung von Schälschäden an Fichte
Graz 1956
- Steinlin, H. J.** (1963): Die Feinerschließung von Beständen mit Rückegassen
Forsttechnische Informationen 1963, Nr. 10
- Steinlin, H. J.** (1964): Wie können noch Kosten vermindert und Erträge gesteigert werden?
Holz-Zentralblatt 1964, S. 1503–1505
- Steinlin, H. J.** (1966): Gedanken zur Bereitstellung von Industrieholz
Forsttechnische Informationen 1966, Nr. 12
- Steinlin, H. J.** (1969): Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung der Forstwirtschaft
Holz-Kurier 1969, Nr. 8
- Stoll, H. P.** (1975): Das Gewicht von Ganzbäumen bei Fichte.
Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 644–645
- Stratmann, J.** (1975): Betriebswirtschaftliche und erntetechnische Aspekte der Durchforstung in weltweiter Sicht
Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 387–389
- Stratmann, J.** (1975): Die vielschichtigen Aspekte der Durchforstung
Allgemeine Forstzeitschrift 1975, S. 654–656
- Strehlke, B.** (1977): Betriebsstruktur und forstliche Mechanisierung aus internationaler Sicht.
Forsttechnische Informationen 1977, Nr. 5
- Strömquist, L.** (1977): Tendenzen der Mechanisierung und Konsequenzen für die Ausbildung in Schweden
Allgemeine Forstzeitschrift 1977, S. 1219–1222
- Tattar, T. A.** (1972): Relationship Between the Degree of Resistance to a Pulsed Electric Current and Wood in Progressive Stages of Discoloration and Decay in Living Trees.
Canadian Journal of Forest 1977, Research No 3
- Shigo, A. L., Chase, T.** (1977): Möglichkeiten und Voraussetzungen der Mechanisierung
Der Forst- und Holzwirt 1977, S. 282–287
- Weber, E.** (1964): Grundriß der biologischen Statistik.
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1964
- Weiß, H.** (1959): Untersuchungen über Ausmaß und Auswirkung von Schälschäden an Fichte in einigen Beständen des Forstbezirks Wildbad
Referendar-Arbeit 1959 (unveröffentlicht)
- Werner, H.** (1967): Standort und Fichten-Rotfäule
Allgemeine Forstzeitschrift 1967, S. 314–315
- Wiedemann, E.** (1929): Beiträge zur Kenntnis von Waldkrankheiten
Silva 1929, S. 137–140
- Wolf, E.** (1973): Zur Optimierung der Transportlänge von Rohschäften
Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 56
- Zimmerle, H.** (1947): Beiträge zur Biologie der Fichte in Württemberg
Mitteilungen der Württembergischen Forstl. Versuchsanstalt, Band 8
- Zöhrer, F.** (1931): Die Schäden durch Holzrücken im Hochgebirge
Forstwissenschaftliches Centralblatt 1931, S. 481
- Zycha, H.** (1976): Die Rotfäule der Fichte.
Forstwissenschaftliche Forschungen 1976, Heft 36 (Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt)
- Zycha, H.** (1967): Untersuchungen über die Rotfäule der Fichte
Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen, Band 39
- Kato, F.**

Anhang 1: Zusammenstellung aller aufgenommenen Versuchsflächen mit kurzer Charakterisierung von Bestand, Eingriffsart, Schadensumfang und Arbeitsverfahren bei Hauen und Bringen (vgl. Tab. 1)

Kollektiv	Forstamt	Probeflächen- bezeichnung	Flächen- größe (qm)	Rückweg- abstand (m)	orts- übl.	Leit- linie	aussch. Bestand (Zahl)	verbl. Bestand BHD (cm)	Bestand Baum- zahl
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A 01	Gräfl. Königseggwald	4-5 (P1-2)	11.100	60	×		1026		1776
A 02	„ „	6 (P3)	2.000	50	×		185	-	320
B 01	Staatl. Bad Schussenried	1	1.200	50	×		32	-	126
B 02	„ „	2-3	3.600	38	×		95	21,4	336
C 01	Staatl. Königsbronn	F8 (P1)	2.400	45	×		89	25,5	147
C 02	„ „	F10,12 (P4,P6)	3.600	45	×		123	-	321
C 03	„ „	F 9,11 (P3,P5)	3.600	43	×		89	24,9	281
C 04	„ „	F 7 (P2)	1.600	43	×		52	-	100
D 01	Staatl. Donaueschingen	F1-3	3.450	30	×		164	17,5	462
D 02	„ „	F 8	1.070	33	×		36	17,8	183
D 11	„ „	F1-3	4.350	35	×		122	19,8	424
D 12	„ „	F 4	1.370	36	×		39	19,1	145
E 01	Fürstl. Donaueschingen	F1-3	4.340	35	×		314	-	532
E 11	„ „	F 1	1.600	40	×		58	21,3	166
E 12	„ „	F2-3	3.240	40	×		70	23,8	285
E 21	„ „	010/1/P1-3	630	30	×		47	14,0	161
E 22	„ „	010/2/P1-3	930	25	×		36	21,1	105
E 23	„ „	010/3/P1-4	930	25	×		26	22,8	95
E 24	„ „	010/4/P1-7	2.880	27		×	182	17,7	399
F 01	Fürstl. Immendingen	011/1/P1-2	720	25	×		49	18,9	98
F 02	„ „	011/2/P3-4	600	25	×		37	17,6	91
F 11	„ „	011/3/P1-2	2.000	30		×	165	14,6	291
F 12	„ „	011/4/P3-4	1.000	30		×	109	14,6	162
F 21	„ „	011/5/P1-2	750	30		×	32	20,6	88
G 01	Fürstl. Neustadt/Lenzk.	012/1/P1-6	875	27	×		51	24,7	86
H 01	Staatl. Schwarzbach	226/1/P1-2	1.350	65	×		59	22,8	126
H 02*)	„ „	226/2/P1-2	1.200	30	×		50	-	128
H 03*)	„ „	226/3/P1-2	1.160	35	×		40	-	114
I 01	Staatl. Pforzheim	268/1/P1-2	1.120	55	×		43	21,8	91
I 02*)	„ „	268/3/P1-2	730	35	×		15	-	61
I 03*)	„ „	268/2/P1-2	1.020	30	×		36	-	92
K 01	Staatl. Pfalzgrafenweiler	267/1/P1-2	1.000	50	×		27	17,9	108
K 03*)	„ „	267/3/P1	550	30	×		17	-	63
K 11	„ „	267/4/P5	1.000	30	×		39	18,0	92
K 12	„ „	267/5/P3-4	2.000	30	×		103	16,8	212
K 13	„ „	267/6/P1-2	2.000	30	×		164	16,2	219
L 01	Staatl. Karlsbad	283/1/P1-2	1.110	60	×		45	19,2	87
L 02*)	„ „	283/2/P1-2	560	30	×		32	-	52
L 03*)	„ „	283/3/P1-2	650	30	×		24	-	45
M 01	Staatl. Schönauf/Odenw.	227/1/P1-3	900	60	×		55	18,9	97
M 02	„ „	227/2/P1-3	900	30	×		52	22,0	74
M 03	„ „	227/3/P1-3	900	30	×		34	22,6	54
N 01	Staatl. Oberkirch	315/1/P1-2	870	35	×		17	-	40
O 01	Staatl. Ottenhöfen	334/1/P1-3	1.320	30	×		37	-	95
P 01	Staatl. Klosterreichenb.	260/1/P1-6	2.100	35	×		51	-	171
P 02	„ „	260/2/P1-4	1.200	100	×		27	-	99
Q 01	Staatl. Murrhardt	160/1/P1-3	1.000	60	×		26	24,5	55
R 01	„ Schwäb.-Hall	163/1/P1-3	1.000	60	×		40	-	72
S 01	Bayr. Dinkelbühl	050/1/P1	1.000	35	×		78	17,0	141
T 01	Bayr. Feuchtwangen	051/1/P1	1.000	45	×		28	19,4	115
U 01	Bayr. Rothenburg/T.	052/1/P1	1.000	32	×		36	19,2	102
V 01	Staatl. Ellwangen/W.	154/1/P1	1.000	30	×		52	19,8	91
W 01	Staatl. Heidenheim	178/1/P1-2	1.200	30	×		24	24,4	104
X 01	Staatl. Schrozberg	162/1/P1	1.000	30	×		37	24,0	104
Z 01*)	Sammelkollektiv aus H02, H03, I02, I03, K03, L02, L03		5.870	32	×		214	20,7	555

Anhang 1: Fortsetzung

Koll.	Schadensumfang		Arbeitsverfahren Hauen und Bringen						Mittel bei Vorliefer/Rücken	Rücketermin	Saftzeit	zusätzliche Erläuterungen
	beschäd. Bäume (Zahl)	in % d. verbl. Best.	Kurzholz-	Kranlänge	fall. Länge	Ganzbaum	Hauen u. gelöst	Rücken gekop.				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A 01	105	5,9			×		×		Pferd/landw. Schlepper	11/69		
A 02	7	2,2	×				×		von Hand/Rückezug	11/69		
B 01	37	29,4			×		×		Pferd/landw. Schlepper	4/70		hoh. Seileinlauf am Sche.
B 02	87	25,9			×		×		landw. Schlepper	4-5/70	×	" " "
C 01	51	34,7			×		×		Unimog 40 PS mit Funk	1-2/71		
C 02	57	17,8			×		×		Pferd/Unimog 40	1-2/71		
C 03	67	23,8				×	×		Unimog 40 PS mit Funk	1-2/71		
C 04	41	41,0				×	×		Pferd/Unimog 40	1-2/71		einzige Fl. d. Verfahrens
D 01	109	23,6				×	×		landw. Schlepper	5/73	×	
D 02	28	15,3			×		×		" "	5/73	×	(Hubertshofen)
D 11	101	23,8				×	×		Carraro 60 PS	6/73	×	(Hammereisenbach)
D 12	33	22,8			×		×		" "	6/73	×	(")
E 01	272	51,1				×	×		landw. Schlepper	5-6/73	×	(Hofhalde)
E 11	25	15,1			×		×		Timberjack	10/73		(Oberwolfbach)
E 12	78	27,4				×	×		" "	10/73		(")
E 21	42	26,1				×	×		Unimog 80 PS	2/76		(Hofhalde) Tarif
E 22	17	16,2				×	×		Carraro 60 PS	12/75		(Hochwald) "
E 23	26	27,4				×	×		" "	12/75		(Mörderbächle) Tarif
E 24	113	28,3				×	×		" "	9/76		(") Forstverein
F 01	31	31,6				×	×		" "	1/76		(Fronholz) Tarif
F 02	30	33,0				×	×		" "	6/76	×	(") Tarif-Nachhieb
F 11	61	21,0				×	×	×	MB trac 65 PS	8/76	×	(Schlehwiese)
F 12	31	19,1				×	×		" "	9-10/76		an Grenze zur Saftzeit
F 21	24	27,3				×	×	×	" "	10/76		(Birkhau)
G 01	56	65,1				×	×		Welte Ökonom	12/75		Tarif, ungünst. Erschl.
H 01	34	27,0			×		×		Unimog 52 PS	8/76	×	SP-Auftrag
H 02*)	7	5,5		×			×		von Hand/Unimog 52	8/76	×	" "
H 03*)	4	3,5	×				×		" / "	8/76	×	" "
I 01	17	18,7			×		×		MB trac 65 PS	8/76	×	SP-Auftrag
I 02*)	2	3,3		×			×		von Hand/MB trac	8/76	×	" "
I 03*)	7	7,6	×				×		" / "	8/76	×	" "
K 01	24	22,2			×		×		Pferd /Fendt 65	8/76	×	SP-Auftrag
K 03*)	0	0	×				×		von Hand/	8/76	×	" "
K 11	13	14,1			×		×		Unimog 45 PS mit Funk	11/76		dünnörtig gerückt
K 12	16	7,5		×			×		von Hand/Unimog 45	11/76		
K 13	15	6,8	×				×		" / "	11/76		
L 01	18	20,7			×		×		Radiotir/M. Cormik	8/76	×	SP-Auftrag, einzl. Fl. d. Verf.
L 02*)	5	9,6		×			×		von Hand/	8/76	×	" "
L 03*)	3	6,7	×				×		" / "	8/76	×	" "
M 01	26	26,8			×		×		Unimog 84 PS	6-7/76	×	SP-Auftrag 30-35 %
M 02	17	23,0		×			×		von Hand/Unimog 84	6/76	×	" " Hangneigung
M 03	19	35,2	×				×		" / "	6/76	×	" " befahren
N 01	19	47,5			×		×		Igländ /MB-trac	8-9/76		60 % Hang
O 01	29	30,5			×		×		" /Same 70	8/76		40 % "
P 01	57	33,3			×		×		" /Unimog 52	7/76	×	37 % "
P 02	35	35,4			×		×		Unimog 52 PS	7/76	×	45 % " (2 Mann-Rücken)
Q 01	10	18,2			×		×		" 85 PS m. Funk	3/77		
R 01	5	6,9			×		×		" "	3/77		dünnörtig gerückt
S 01	27	19,1			×		×		M. Cormik mit Funk	3/77		
T 01	18	15,7			×		×		" "	3/77		25 % Hang
U 01	28	27,5			×		×		" "	3/77		dünnörtig gerückt
V 01	10	11,0			×		×		Unimog 52 m. Funk	3/77		
W 01	19	18,3			×		×		" "	3/77		Übergang zur Saftzeit
X 01	26	25,0			×		×		" "	3/77	×	
Z 01*)	19	3,4	×	×			×		von Hand/versch. Schl.	8/76	×	SP-Auftrag

[illegible]

[illegible]

Anhang 2: Ablochbeleg zum Aufnahmeverfahren 69

[illegible]

Anhang 3: Anweisung zum Aufnahmeverfahren 1975

Die Vordrucksgestaltung ist ein Kompromiß zwischen

- einfachen, örtlichen Aufnahmen und
- zentraler Materialsammlung mit umfassender Auswertung über EDV

I. Aufnahmebogen Rückeschäden

Gliederung in	– Allgemeine Angaben zur Aufnahmefläche (Sp. 1–10) – Daten der beschädigten Bäume (Sp. 11–26) – Daten zu den Einzelschäden (ab Sp. 27)
Spalte 1– 3:	EDV-Nummer des Forstamts
Spalte 4– 5:	Fortlaufende Nr. für die aufgenommenen Bestände; veränderte Rückeverfahren oder Sortimentensauhaltung bedingen neue Bestandes-Nr.
Spalte 6– 7:	Fortlaufende Nr. für die repräsentativ ausgewählten Probeflächen innerhalb einer Bestandes-Nr. Als zweckmäßig haben sich Probestreifen von Rückegasse zu Rückegasse (jeweils Gassenmitte) erwiesen. Die Repräsentativaufnahme sollte mind. 10 % der bearbeiteten Fläche umfassen (z. B. in einem 1 ha großen Bestand mit 30 m Rückegassenabstand mind. 3–4 Probestreifen zu je 10 m Breite).
Spalte 11–13:	Fortlaufende Nr. der beschädigten Bäume. Als Schaden gilt jede mind. 10 qcm große Verletzung , wobei der Holzkörper freiliegen muß (auch wenn Rindenteile lose wieder anliegen).
Spalte 14–15, 27 sowie 33:	Die Schlüsselzahlen der Kopfspalte sind anzuwenden.
Spalte 16–17:	Der BHD ist forstüblich zu runden.
Spalte 18–19:	Die Abstände werden bis zum Rand der Rückegasse gemessen, so daß ein Randbaum die Entfernung 0 erhält.
Spalte 20–21:	Nur auszufüllen, wenn zusätzlich zu Rückegassen oder Maschinenwegen Seillinien benützt werden.
Spalte 22:	Die Zahl der Schäden ist einzutragen. Ein Schaden ist von einem weiteren getrennt aufzunehmen, wenn allseitig ein mind. 10 cm breiter, gesunder Rindenstreifen erhalten ist.
Spalte 27 ff.:	Mehrere Schäden je Baum werden entspr. der vorgedruckten Kopfspalte durchnummeriert und einzeln beschrieben.

Spalte 27: (vgl. Skizze) Die »Wurzelkehle« reicht von 30 cm über Boden bis 20 cm außerhalb Stammwalze (bei 30 cm Höhe angesetzt)

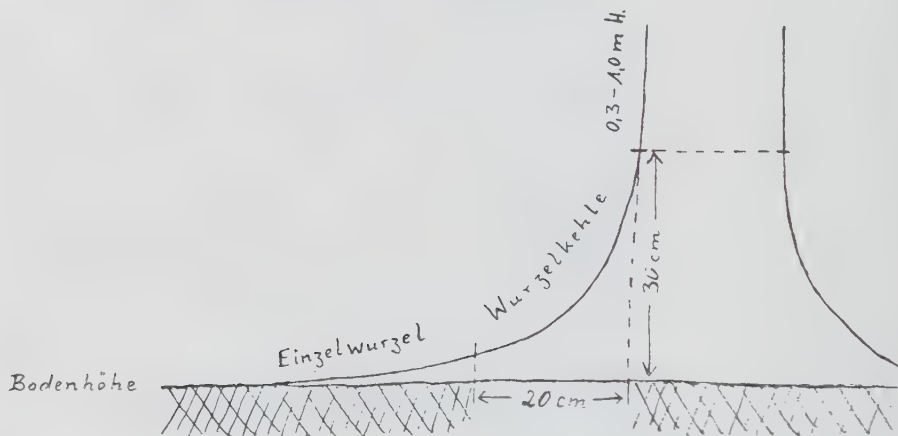
Den beschädigten Bäumen einer Probefläche werden die unbeschädigten gegenübergestellt. Bei der Prüfung jeden Baumes auf Beschädigungen wird der BHD auch der unbeschädigten Bäume gemessen und am rechten Rand des Vordrucks (getrennt nach Z-Bäumen und Füllbestand) vermerkt.

Auf Probeflächen zur längerfristigen Beobachtung und Auswertung auf Folgeschäden durch Pilzinfektion werden Baum-Nr. und Schadens-Nr. (zweckmäßig stets oberhalb des Schadens) durch Farbmarkierungen festgehalten; die Probeflächen werden dauerhaft verpflockt.

II. Angaben zu Bestand und Bringung

Auf dem Vordruck werden Bestand und Bringungsverfahren beschrieben und die wichtigsten Ergebnisse der Schadensaufnahme zusammengefaßt. Eine vollständige Ausfüllung ist

- **entbehrlich** bei wenigen, nur örtlich interessierenden Aufnahmen;
 - **erforderlich** für eine Sammlung zahlreicher Schadensaufnahmen und zentrale Auswertung.
- Der Vordruck ist für jede Behandlungseinheit nach Spalte 4/5 des Aufnahmebogens einmal anzulegen.



Anhang 4: Aufnahmebogen Wundfäule

Forstamt																				Lage des Quer- schnitts und Schaden- zentrums	Schadensumfang					
Datum: Fällung																					tangent.	radial	Fläche	nach Jahrringen		
Auswertung																								befallen	gesund nach außen	
																				cm	cm	cm	cm ²	Zahl	Zahl	
Forstamt Bestand Probestfläche Baum-Nr BHD (neu) mm Schadens-Nr Schaden noch sichtbar max. axiale Ausdehnung (cm) max. Fläche auf Querschnitt (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	100					
																					95					
																					90					
																					85					
																					80					
																					75					
																					70					
																					65					
																					60					
																					55					
																					50					
																					45					
																					40					
																					35					
																					30					
																					25					
																					20					
																					15					
																					10					
																					05					
Zu Spalte 13: noch sichtbar — 1 nicht mehr sichtbar — 0																				Fall- schnitt						
																				10						
																				20						
																				30						
																				40						
																				50						
																				60						
																				70						
																				80						
																				90						
100																										

Anhang 5: In die Kalkulation des wirtschaftlichen Schadens eingegangene Holzpreise in DM/Efm o. R. für Fi-Abschnitte der Güteklasse C und D (Niveau Aug. 1977)

C-Holz		Abstufung nach Stärkeklasse							
Abstufung nach Länge		1 A	1 B	2 A	2 B	3 A	3 B	456	
		83,-	83,-	92,-	108,-	125,-	139,-	149,-	155,- 164,-
60 %	1 m	50,-	50,-	55,-	65,-	75,-	83,-	89,-	93,- 98,-
70 %	2 m	58,-	58,-	64,-	76,-	88,-	97,-	104,-	109,- 115,-
80 %	3 m	66,-	66,-	74,-	86,-	100,-	111,-	119,-	124,- 131,-
95 %	5 m	79,-	79,-	87,-	103,-	119,-	132,-	142,-	147,- 156,-
100 %	7 m	83,-	83,-	92,-	108,-	125,-	139,-	149,-	155,- 164,-

D-Holz		Abstufung nach Stärkeklasse							
Abstufung nach Länge		1 A	1 B	2 A	2 B	3 A	3 B	4	5 6
		68,- (80 %)	68,- (80 %)	70,- (82 %)	75,- (88 %)	82,- (96 %)	88,- (104 %)	91,- (107 %)	93,- (109 %) 95,- (112 %)
60,-DM	1 m	48,-	48,-	49,-	53,-	58,-	62,-	64,-	65,- 67,-
70,-DM	2 m	56,-	56,-	57,-	62,-	67,-	73,-	75,-	76,- 78,-
80,-DM	3 m	64,-	64,-	66,-	70,-	77,-	83,-	86,-	87,- 90,-
95,-DM	5 m	76,-	76,-	78,-	84,-	91,-	99,-	102	104,- 106,-
100,-DM	7 m	80,-	80,-	82,-	88,-	96,-	104,-	107,-	109,- 112,-

Anhang 6: Wertziffern der in den Modell-Rohschäften enthaltenen Sortimente auf der Basis der Meßzahl 100 bei Variation der Faüllänge
(Auszug aus dem Grundlagenmaterial der Abt. Biometrie und Informatik der FVA)

Lfd. Nr.	Rohschafth-kennz.	Faüllänge (m)	HL C/D-Ab-schnitt	(II) Stärke-klasse	Sortimentsbeitrag am H		Rohschafthwert HL (II)		HL Industrie-holz	(I) Stärke-klasse	Volumen Efm o.R	Wert-basis MZ 100 DM/Efm oR
					Haupt-sortiment B	Stärke-klasse	Gipfel-abschnitt C	Stärke-klasse				
1	M 22	0	-		0,953	2	-		0,047	0	0,34	10,74
		1	0,113	2A	0,840	2	-		0,047	0	0,34	10,66
		2	0,198	2A	0,755	2	-		0,047	0	0,34	10,60
		3	0,285	2A	0,668	2	-		0,047	0	0,34	10,54
		5	0,441	1B	0,505	1	-		0,054	0	0,33	9,19
		7	0,606	1B	-		0,182 (B)	1B	0,212	1A	0,33	8,91
2	M 27	0	-		0,974	3	-		0,026	1A	0,59	21,06
		1	0,098	2B	0,876	3	-		0,025	1A	0,60	21,36
		2	0,198	2B	0,788	2	-		0,014	1A	0,60	19,48
		3	0,272	2B	0,714	2	-		0,014	1A	0,59	19,28
		5	0,382	2A	0,603	2	-		0,015	1A	0,58	18,05
		7	0,512	2A	0,473	2	-		0,015	1A	0,57	17,59
3	M 32	0	-		0,976	4	-		0,024	1A	0,87	34,41
		1	0,092	3A	0,885	4	-		0,023	1A	0,88	34,81
		2	0,186	3A	0,805	3	-		0,008	1A	0,88	32,19
		3	0,225	2B	0,766	3	-		0,009	1A	0,87	31,03
		5	0,355	2B	0,636	3	-		0,009	1A	0,86	30,56
		7	0,506	2B	0,485	2	-		0,009	1A	0,84	28,38
4	M 37	0	-		0,974	4	-		0,021	1A	1,32	52,28
		1	0,101	3B	0,879	4	-		0,020	1A	1,34	53,68
		2	0,168	3B	0,812	4	-		0,020	1A	1,33	53,68
		3	0,206	3A	0,773	4	-		0,021	1A	1,32	52,28
		5	0,330	3A	0,664	3	-		0,006	1A	1,27	47,19
		7	0,438	3A	0,556	3	-		0,006	1A	1,24	46,59
5	M 42	0	-		0,982	5	-		0,018	1B	1,65	74,95
		1	0,096	4	0,886	5	-		0,017	1B	1,70	77,85
		2	0,173	4	0,823	4	-		0,004	1A	1,81	74,87
		3	0,215	3B	0,781	4	-		0,004	1A	1,79	73,22
		5	0,319	3B	0,677	4	-		0,004	1A	1,74	72,02
		7	0,393	3A	0,603	4	-		0,004	1A	1,71	68,27
6	M 47	0	-		0,987	5	-		0,013	1A	2,32	105,77
		1	0,091	4	0,896	5	-		0,013	1A	2,39	109,79
		2	0,153	4	0,834	5	-		0,012	1A	2,40	110,81
		3	0,208	4	0,780	5	-		0,012	1A	2,39	110,83
		5	0,297	4	0,690	5	-		0,012	1A	2,34	109,29
		7	0,395	3B	0,597	4	-		0,008	1A	2,30	95,81

Fortsetzung Anhang 6:

Lfd. Nr.	Roh-schaft-kennz.	Faul-länge (m)	Sortimentsbeitrag am						Rohschaftwert		Volumen Efm o.R.	Wert-basis MZ 100 DM/Efm o.R.
			HL C/D-Ab-schnitt	(I) Stärke-klasse	Haupt-sortiment B	Stärke-klasse	HL Gipfel-abschnitt	(II) Stärke-klasse	HL Industrie-holz	(I) Stärke-klasse		
7	0 19	0	-		0,911	2	-		0,089	0	0,27	8,43
		1	0,094	1B	0,819	2	-		0,087	0	0,28	8,60
		2	0,159	1B	0,753	2	-		0,088	0	0,28	8,50
		3	0,213	1B	0,688	1	-		0,099	0	0,27	7,59
		5	0,346	1B	0,558	1	-		0,096	0	0,28	7,80
		7	0,471	1B	0,428	1	-		0,101	0	0,27	7,45
8	0 28	0	-		0,959	4	-		0,041	1A	0,83	32,55
		1	0,064	2B	0,894	4	-		0,041	1A	0,84	32,65
		2	0,128	2B	0,831	4	-		0,041	1A	0,85	32,75
		3	0,195	2B	0,778	3	-		0,027	1A	0,86	30,52
		5	0,294	2B	0,678	3	-		0,027	1A	0,84	29,72
		7	0,354	2A	0,617	3	-		0,029	1A	0,84	27,99
9	0 38	0	-		0,964	5	0,033	1B	0,004	1A	1,63	72,98
		1	0,073	3B	0,891	5	0,033	1B	0,004	1A	1,66	74,34
		2	0,140	3B	0,856	4	-		0,004	1A	1,67	67,72
		3	0,193	3B	0,803	4	-		0,004	1A	1,66	67,72
		5	0,266	3A	0,730	4	-		0,004	1A	1,62	64,67
		7	0,353	3A	0,643	4	-		0,004	1A	1,59	63,47
10	U 27	0	-		0,984	2	-		0,016	0	0,48	15,29
		1	0,133	2B	0,851	2	-		0,016	0	0,49	15,79
		2	0,237	2B	0,748	2	-		0,015	0	0,50	16,26
		3	0,280	2A	0,703	2	-		0,017	0	0,48	15,01
		5	0,457	2A	0,525	1	-		0,018	0	0,47	13,80
		7	0,597	2A	0,385	1	-		0,018	0	0,46	13,57
11	U 37	0	-		0,994	4	-		0,006	1A	1,11	44,27
		1	0,117	3B	0,877	4	-		0,006	1A	1,14	46,07
		2	0,195	3B	0,799	4	-		0,006	1A	1,13	46,07
		3	0,254	3A	0,739	3	-		0,007	1A	1,11	40,91
		5	0,380	3A	0,613	3	-		0,007	1A	1,10	39,95
		7	0,533	3A	0,460	2	-		0,007	1A	1,05	37,55
12	U 47	0	-		0,988	5	-		0,012	1B	2,03	92,62
		1	0,099	4	0,890	5	-		0,011	1B	2,09	96,16
		2	0,170	4	0,819	5	-		0,011	1B	2,10	97,16
		3	0,227	4	0,762	5	-		-0,011	1B	2,09	97,14
		5	0,361	4	0,636	4	-		0,003	1B	2,03	87,37
		7	0,436	3B	0,560	4	-		0,003	1B	1,99	83,52

In der Schriftenreihe der Landesforstverwaltung sind bisher erschienen:

Band 1:	DR. MAX SCHEIFELE (1957)	Die Forstorganisation in Baden seit 1803 – Ein Beitrag zur Forstgeschichte Südwestdeutschlands
Band 2:	DR. HUGO BAUMANN (1957)	Forstliche Luftbild-Interpretationen – Ein Beitrag zum Lesen und Auswerten forstlicher Luftbilder mit Vorschlägen zu ihrer zweckmäßigen Herstellung und Gestaltung für den praktischen Gebrauch
Band 3:	PROF. DR. EDUARD KIRWALD (1958)	Heilung von Bodenwunden
Band 4:	ERNST BURCKHARDT (1959)	Maschineneinsatz bei Ödland- und Kahlfächenaufforstung – Ein Erfahrungsbericht aus Baden
Band 5:	PROF. DR. KARL HASEL (1960)	Studien zur Forstgesetzgebung in den ehemaligen Ländern Baden und Württemberg – mit einem Beitrag von Prof. Dr. Dr. h. c. Mantel
Band 6:	DR. ROLF ZUNDEL (1960)	Ertragskundliche Untersuchungen in zweialtrigen Beständen Nordwürttembergs mit Kiefer über Tanne (Fichte, Douglasie)
Band 7:	DR. FRITZ ALBRECHT (1960) und DR. ERICH WOHLFAHRT (1960)	120 Jahre Forstwirtschaft im Stadtwald Vöhrenbach – Eine waldbau-geschichtliche Studie aus dem Wuchsgebiet des südöstlichen badi-schen Schwarzwaldes und der Buntsandstein-Baar
Band 8:	DR. LUDWIG SCHÜLLI (1960)	Vom Fichten-Kiefern-Tannen-Wald auf einer Buntsandsteinhoch-ebene des südöstlichen Schwarzwaldes
Band 9:	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt (1976)	Der Staatswald Kaltenbronn – Ein Beispiel für die Entwicklung der Forstwirtschaft in den Waldungen des nördlichen Schwarzwaldes während der letzten 200 Jahre
Band 10:	DR. WALTER SCHÖPFER (1961)	Die Forstwirtschaft in Baden-Württemberg – Ein Überblick (3. Auf-lage) Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte
Band 11:	DR. HANS BÜTTNER (1961)	Der Einfluß von Düngestoffen auf Mortalität und Entwicklung forst-licher Schadinsekten über deren Wirtspflanzen
Band 12:	DR. SIEGFRIED HÄBERLE (1961)	Die repräsentative Ermittlung des Zeitbedarfs als Grundlage einer Herleitung von Vorgabezeiten für den Holzeinschlag
Band 13:	DR. ROLF GRAMMEL (1962)	Die Abhängigkeit der Arbeitskraftverhältnisse in der Forstwirtschaft von der regionalen wirtschaftlichen Entwicklung – untersucht im Be-reich der Forstdirektion Südwürttemberg-Hohenzollern
Band 14:	DR. H. M. BRECHTEL (1962)	Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände (dargelegt an Problembearbeitun-gen in Kiefernaltbeständen der Forstbezirke Isenburg und Schwetzing-en)
Band 15:	RUDOLF EISENKOLB (1963)	Der Staatswald Todtmoos Dargestellt nach dem Allgemeinen Teil des Forsteinrichtungswerkes 1960
Band 16:	DR. RENATE OLBERG (1963)	Untersuchungen über den Einfluß von Bodenlockerung und Unkraut auf das Wachstum von verschulten Kiefern und Fichten im Pflanz-garten
Band 17:	DR. JÖRG WERNER (1964)	Grundzüge einer regionalen Bodenkunde des südwestdeutschen Alpenvorlandes
Band 18:	DR. ERNST VOLKER BARTHEL (1965)	Der Stadtwald Breisach – 700 Jahre Waldgeschichte in der Aue des Oberrheins
Band 19:	DR. WOLF DRESCHER (1965)	Aus der Bestands- und Ertragsgeschichte von Beständen des süd-lichen Hochschwarzwaldes
Band 20:	DR. EBERHARD WOERNER (1965)	Die Bedeutung des Hofübergangs für den Wald im Bereich des ge-schlossenen Hofguts des Schwarzwaldes
Band 21:	DR. WALTER SCHÖPFER (1966)	Automatisierung der Massen-, Sorten- und Wertberechnung stehen-der Waldbestände
Band 22:	DR. FRIEDEMANN KÄLBLE (1966)	Ertragskundliche und waldbauliche Auswertung der Standortskartie-rung im badischen Bodenseegebiet
Band 23:	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Stuttgart (1967)	Südwestdeutsche Waldböden im Farbbild – Nach Aufnahmen von K. Glatzel, R. Jahn u. a., erläutert von S. Müller unter Mitarbeit von G. Schlenker und J. Werner
Band 24:	DR. LUDWIG SCHÜLLI (1967)	Aufbau und Umwandlung in den Bauernwaldungen des mittleren Schwarzwaldes von 1850–1960
Band 25:	DR. PETER MAURER (1968)	Das Wachstum der Douglasie im Schwarzwald

Band 26:	DR. OSKAR VOGEL (1968)	Bestockungsbau im Trockengebiet Oberrhein – Eine volkswirtschaftliche und landeskulturelle Aufgabe
Band 27:	DR. ERWIN KÖNIG (1968)	Der Einfluß des jahresperiodischen verlaufs des Wasser- und Zucker- gehaltes einiger Baumrinden auf das Schälen durch Rotwild
Band 28:	DR. HELMUT VOLK (1969)	Untersuchungen zur Ausbreitung und künstlichen Einbringung der Fichte im Schwarzwald
Band 29:	DR. EDUARD ALTHERR und PAUL MÖRMANN (1969)	Vorläufige Hilfszahlen zur Darstellung des Wachstums der Schwarz- kiefer auf den nordbadischen Muschelkalkstandorten Erfahrungen mit der österreichischen Schwarzkiefer im Bereich der nordbadischen Muschelkalkplatte
Band 30:	DR. FRANZ SCHMITHÜSEN (1969)	Untersuchungen über Forstliche Konzessionen – Ein Beitrag zur För- derung der Forstwirtschaft in den Entwicklungsländern
Band 31:	DR. EKKEHARD KÖLLNER (1969)	Beitrag zur Frage der Herkunft der europäischen Lärche im badischen Bodenseegebiet
Band 32:	DR. DIETRICH KETTLER (1970)	Landschaftsplan Feldberg/Schwarzwald – Ein Beitrag zum Euro- päischen Naturschutzjahr 1970
Band 33:	DR. JAHN, SCHEFFOLD und HAUCK (1971)	Wurzeluntersuchungen an Waldbäumen in Baden-Württemberg
Band 34:	HELMUT VINNAI (1971)	Der Staatswald Nellingen – Allgemeiner Teil zum Wirtschaftsplan 1969/1978
Im Rahmen der Schrif- tenreihe	PETER WEIDENBACH (1971)	Naherholungsgebiet Schönbuch – Ein Beitrag zum Europäischen Naturschutzjahr 1970
Band 35:	DR. HEINER R. PABST (1971)	Ansätze zur Bewertung der Sozialfunktionen des Waldes
Band 36:	DR. WALTER LANG (1971)	Ökologische und hydrologische Untersuchungen in verschieden stark durchforsteten Fichten- und Lärchenbeständen des Schwarz- waldes – Ein Beitrag zum Problem der Wechselwirkungen zwischen Wald und Umwelt
Band 37:	DR. GERHARD PETRI (1971)	Der land- und forstwirtschaftliche Bodenmarkt in Baden-Württem- berg – Ein Beitrag zur Waldbodenbewertung
Band 38:	DR. ULRICH AMMER und A. ALLMENDINGER (1972)	Das Kallertal – Ein Beitrag zur Landschaftsplanung
Band 39:	DR. WERNER LUFT (1973)	Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Ferneschlagver- jüngung im momentanen Tannen-Buchen-Wald des westlichen Hoch- Schwarzwaldes
Band 40:	DR. SIEGFRIED LEINERT (1973)	Die mechanische Entrindung von Nadelstammholz
Band 41:	DR. VOLKER HINK	Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standorts- Einheiten des Einzelwuchsbezirktes »Flächenschwarzwald« (SüdWürt- temberg-Hohenzollern)
Band 42:	Arbeitsgruppe Auerwild (1974)	Die Entwicklung des Auerwilds in Baden-Württemberg
Band 43:	WERNER STRITTMATTER (1974)	Ökologische und biologische Studien an der Baumart Douglasie
Band 44:	GERHARD KUNZ (1975) und DR. FRANK SIEBENBÜRGER	Der Sturmschaden in den Wäldern Baden-Württembergs im Jahre 1967
Band 45:	HANS-JÖRG OESCHGER (1975)	Methoden und Anwendungsmöglichkeiten wirtschaftlicher Progn- osen in der Forstwirtschaft
Band 46:	PROF. DR. KARL HASEL (1976)	Douglasienanbau in Baden-Württemberg
Band 47:	DOROTHEA HAUFF und HEINRICH PESCH (1976)	Gesammelte Aufsätze von Victor Dietrich
Band 48:	DR. ULRICH RODENWALDT (1977)	Zur Geschichte der Forstgesetzgebung und Forstorganisation des Herzogtums Württemberg im 16. Jahrhundert
Band 49:	WOLFGANG BECHTER (1977)	Die Jagd an Donau, Schmieh und Blau vom Ende des Mittelalters bis zum Jahr 1849
Band 50:	PROF. DR. KARL HASEL (1977)	Der Wald einer alten Stadt. Das Wachstum der Fichte im Wuchsgebiet Baar-Wutach.
		Auswirkungen der Revolution von 1848 und 1849 auf Wald und Jagd auf Forstverwaltung und Forstbeamte, insbesondere in Baden.

- Band 51: ANTON HAMMER
(1978) »Untersuchung über den Körperschaftswald in Bad.-Württ. unter besonderer Berücksichtigung der betriebswirtschaftlichen Lage im Forstwirtschaftsjahr 1974«.
- Band 52: DR. WALTER RIEDL
Forsteinrichtungsstatistik 1961–1970 für die öffentlichen Waldungen in Baden-Württemberg Teil II Auswertung

Die Bände 1, 10, 11, 22, 32 und 42 sind vergriffen – alle anderen Bände können bei der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Sternwaldstraße 16, 78 Freiburg im Breisgau, bezogen werden.

Lebenslauf

Am 16. 6. 1940 wurde ich als erstes von zwei Kindern des Kaufmanns Willy Meng und seiner Ehefrau Ottilie, geb. Röderer, in Freiburg i. Br. geboren.

Nach der Volksschule in Bad Krozingen besuchte ich das Rotteck-Gymnasium in Freiburg i. Br., wo ich im Frühjahr 1960 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1960 begann ich das Studium der Forstwissenschaften in Freiburg i. Br., setzte es nach dem Vorexamen für ein Semester an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen fort und bestand nach Rückkehr an die Universität Freiburg im Herbst 1964 die Hochschul-Schlußprüfung.

Die forstliche Referendarzeit 1965–1967 bei den Staatlichen Forstämtern Oberkirch, Bühl, Unterweissach und an der Forstdirektion Freiburg schloß ich im Sommer 1967 mit der Großen Forstlichen Staatsprüfung ab und wurde danach in den Dienst der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg übernommen.

Einem einjährigen Einsatz an der Waldarbeitsschule Hinterlangenbach folgte ab Sommer 1968 eine Referententätigkeit bei der Forstdirektion Tübingen im Referat Waldarbeit und Betriebswirtschaft. Die Ernennung zum Oberforstrat erhielt ich im Sommer 1971. Im Herbst 1972 wurde ich wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung. Im März 1977 wurde mir die Leitung des Staatlichen Forstamts Schönmünzach (Kreis Freudenstadt) übertragen.

Seit 1967 bin ich verheiratet und habe zwei Kinder.

Winfried Meng

